

**PROPUESTA DE DISPOSITIVO  
PARA EL ENTRENAMIENTO DE  
MUSCULATURA ESPECÍFICA DEL  
TIRO CON ARCO**

**Memoria para optar al título de  
Diseñador Industrial**

**Marzo 2021**

**Javier Ignacio Mardones Jirón**  
**Profesor guía: Pablo Domínguez**



**fau**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

# **CONTENIDOS**

Glosario .....	4	Sexo .....	20
ABSTRACT.....	6	Horas dedicadas .....	20
Introducción .....	7	Comuna de residencia .....	20
Objetivo general .....	8	Motivación.....	20
Objetivos específicos.....	8	Covid-19 .....	21
Metodología .....	9	Beneficios del deportista asociados al tiro con arco .....	22
Qué es la arquería o tiro con arco? .....	10	La técnica del tiro con arco .....	23
La flecha .....	11	Anatomía del arquero.....	24
El arco .....	11	Huesos y músculos del ser humano .....	25
Historia del Tiro con Arco.....	12	Biomecánica del arquero .....	26
¿Dónde, Por qué y Para qué?.....	13	Memoria muscular.....	30
Civilizaciones y el tiro con arco .....	14	Los 5 pasos de la técnica.....	31
El tiro con arco en la actualidad.....	15	Postura .....	31
El Arco contemporáneo.....	16	Brazo de arco .....	32
El Arco de Poleas .....	16	Tensado y anclaje.....	32
El Arco Recurvo .....	17	Soltada.....	33
Competencias y torneos de Chile.....	19	Posición final .....	33
El usuario: practicante de tiro con arco.....	20	Conclusiones del capítulo “TÉCNICA DEL TIRO CON ARCO”.....	34
El arquero/a en Chile.....	20	EL ENTRENAMIENTO DEL TIRO CON ARCO.....	35
Edad.....	20	¿Qué es entrenar?.....	35
		¿Con qué se entrena? .....	36
		Estado del arte: Dispositivos de entrenamiento para tiro con arco.....	37

Cuadros de Análisis .....	38	Prototipo Digital .....	91
Conclusiones.....	45	Evolución de la génesis formal.....	92
Oportunidad de diseño.....	46	Usabilidad.....	93
Requerimientos .....	46	Decisiones finales .....	95
Propuesta conceptual.....	47	Fuente de presión para los tubos elásticos.....	95
Prototipos analítico-integrales: bocetos y sketches.....	47	Materialidad .....	96
Primeras ideas.....	47	Conclusiones de la Génesis formal. ....	96
Criterio de selección .....	50	Proyecciones.....	97
Las 5 variables de estudio.....	51	Proceso a corto plazo.....	97
Exploración del dispositivo .....	52	Proceso a largo plazo.....	97
Prototipado.....	53	CONCLUSIONES.....	98
El Criterio del Prototipado: ¿Qué testear primero?.....	53	Bibliografía.....	100
Prototipos de función específica.....	54	anexos .....	101
Absorción de impacto .....	54	ANEXO A .....	102
Tensión-Libraje.....	63	ANEXO B.....	108
Estructura Sólida.....	72	ANEXO C .....	109
Cuerpo-Soporte .....	83	ANEXO D .....	113
Contacto mano-arco “grip” .....	85	ANEXO E .....	115
Prototipo General .....	87		
Conclusiones finales del prototipado.....	88		
Génesis formal.....	89		
La estética.....	89		
Sketching final.....	90		

## GLOSARIO

Para entender este proyecto en profundidad, se dispone un glosario con palabras importantes para esta investigación, las cuales son utilizadas en el contexto del tiro con arco. (Adaptaciones de la Real Academia Española y de literatura asociada al tiro con arco).

**Arco:** arma para disparar flechas, compuesta por una vara de materia elástica, sujeta por los extremos con una cuerda que la curva al tensarse.

**Flecha:** arma arrojada compuesta de un asta delgada con una punta afilada en un extremo y plumas para estabilizar en el otro

**Tiro con arco:** la práctica o habilidad de propulsar flechas con un arco.

**Arco recurvo:** arco con extremidades que se curvan en dirección opuesta al centro del arco.

**Arco olímpico:** arco recurvo con estabilizadores y mira

**Arco raso:** arco recurvo sin estabilizadores ni mira

**Disparo:** Propulsión de una flecha por medio de un arco.

**Precisión:** efectividad de un disparo.

**Diana:** superficie gráfica que mide el grado de precisión de un disparo.

**Parapeto:** cuerpo con una superficie preparada para recibir el impacto de las flechas disparadas.

**Técnica del tiro con arco:** conjunto de procedimientos para realizar disparar una flecha con un arco adecuadamente

**Ejecución de la técnica:** Realizar la técnica del tiro con arco.

**Tensión:** Estado de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas opuestas que lo atraen

**Tensar el arco:** jalar la cuerda del arco en la técnica.

**Libras:** unidad de medida de peso, 1 libra corresponde a 454 gramos.

**Libraje:** número en libras que indica la fuerza necesaria para tensar un arco

**Manifestación motriz:** cualquier movimiento que realiza el cuerpo humano a través de los músculos por simple o complejo que sea.

**Entrenar:** ejercitar una actividad, sea mental o física, sostenidamente en el tiempo.

**Postura:** posición corporal establecida previamente con un fin estructural.

**Soltada:** soltar la cuerda de un arco tensado para realizar un disparo.

**Anclaje:** postura de la técnica donde el arquero tensa el arco hasta su punto máximo, cercano al pómulo de la cara.

**Distancia nominal:** distancia teórica o ideal de algo.

**Dactilera:** implemento que protege los dedos del constante jalar de la cuerda.



## ABSTRACT

El tiro con arco se ha visto afectado con la pandemia de Covid-19, donde más del 80% de los practicantes ha disminuido sus instancias de entrenamiento, perjudicándose la precisión, el estado mental y el estado físico del deportista. Ante este problema, el autor de esta investigación, también practicante del tiro con arco, busca una alternativa para solucionar la falta de entrenamiento, llegando a proponer un dispositivo de entrenamiento de musculatura específica para tiro con arco.

La propuesta fue llevada a cabo tras una profunda investigación de aspectos del tiro con arco, partiendo desde sus orígenes, la historia de porqué llegó a ser lo que es hoy en día, el arco en la actualidad, y temas fundamentados en la anatomía humana, como la biomecánica del uso de un arco, la memoria muscular, los gestos deportivos, y entre otras características de interés para esta investigación.

A pesar de que el producto final está sujeto a posibles cambios y proyecciones en un futuro cercano, Se logró una propuesta que cumple con su cometido de poder ejercitar la musculatura específica del tiro con arco mediante el entrenamiento, esto gracias al estudio de prototipos funcionales fueron fabricados para poder analizar y evaluar variables que surgieron de la investigación, variables que responden a problemáticas específicas, como por ejemplo: la fuerza necesaria para abrir el arco, un agarre cómodo, que la estructura sea resistente, entre otras.

Con este proyecto, se espera contribuir a la comunidad de tiro con arco chilena, a través de una producción paulatina del dispositivo.

Palabras clave:

Tiro con arco, arquería, musculatura específica, entrenamiento de tiro con arco, dispositivo de entrenamiento.

# INTRODUCCIÓN

El tiro con arco es un deporte y actividad que suele llamar la atención, pues nació como una actividad necesaria para el ser humano, en un principio, como un arma capaz de atacar y defender a distancia, siendo un factor decisivo en guerras del pasado. Actualmente se practica con fines deportivos y recreativos, con muchos beneficios para quien lo practique.

En diciembre de 2019 hubo un brote epidémico de causa desconocida en Wuhan, China. El 11 de marzo de 2020, esta enfermedad, conocida como Covid-19 o Coronavirus, se hallaba en más de 100 países y fue reconocida como pandemia por la Organización Mundial de la Salud. Para prevenir la expansión del virus los gobiernos impusieron restricciones de viajes, cuarentenas, confinamientos, aislamiento social, cancelación de eventos y cierre de establecimientos.

Según datos recogidos en esta investigación, de un total de 52 arqueras y arqueros, un 82% ha visto afectada su rutina de entrenamiento habitual con la pandemia, un 50% ha disminuido su concentración al practicar el deporte, un 55% ha disminuido su precisión, y un notable 78% ha tenido cambios físicos, como disminución de musculatura, fuerza y resistencia. Estos notorios cambios **afectan a la comunidad de tiro con arco en Chile, y seguirá así mientras la pandemia y sus consecuencias impidan el normal entrenamiento de los deportistas.**

El tiro con arco al considerarse como una actividad física, tiene beneficios para la salud en general (Prieto, 2011) Por lo que la salud de personas que dejan de entrenar este deporte se ve afectada directamente.

Este proyecto nació a finales del año 2019 y comienzos del 2020, meses donde la pandemia de Covid-19 llegó a Chile, lo que generó una disminución general en la práctica del tiro con arco, teniendo como consecuencia los datos mencionados con anterioridad.

Se entiende que para practicar el tiro con arco se necesita un gran espacio que los hogares comunes en la ciudad no poseen, donde disparar una flecha es riesgoso. Se necesita además de un arco y flechas, propiamente tal, para realizar los disparos a través de la **ejecución de la técnica** del tiro con arco, que consta a grandes rasgos, de todos los movimientos corporales necesarios para tensar el arco y disparar la flecha. Pero, ¿Qué pasa si no se puede ir a un lugar adecuado para utilizar el arco y disparar flechas? Esta es una realidad hoy en día, y la respuesta ya la conocemos: el arquero pierde precisión y su estado físico se ve afectado.

Se conocen actividades físicas como por ejemplo Ciclismo y el Remo donde los practicantes pueden entrenar en bicicletas estáticas, y máquina de remo respectivamente, ejercitando músculos específicos para cada deporte prescindiendo de la bicicleta y el bote con remos. Este contexto de actividades físicas o deportes que pueden ser entrenados sin necesidad de asistir al lugar abre la interrogante al caso del tiro con arco:

**¿Es posible entrenar tiro con arco sin utilizar un arco?**

## **Objetivo general**

Proponer una solución de diseño para contribuir al entrenamiento de la musculatura específica que se utiliza en el tiro con arco

## **Objetivos específicos**

Realizar una investigación teórica-práctica para generar las variables de estudio que se deben tener en cuenta en el proyecto.

Realizar una encuesta a representantes nacionales para contextualizar el escenario del tiro con arco en período pandemia.

Realizar el proceso de diseño a través de iteraciones sucesivas de prototipos conceptuales y funcionales para ir seleccionando las mejores propuestas y solucionando características específicas.



## Metodología

La presente investigación tiene un carácter teórico-práctica cuyas herramientas, contribuyen a identificar y estudiar las variables para llegar a conclusiones que guíen la propuesta de diseño. Se espera encontrar, a través de las observaciones, una vía que pueda dar solución al problema que pesa en muchas personas practicantes del tiro con arco hoy en día. Las herramientas utilizadas son:

**Revisión bibliográfica:** Una profunda revisión de la literatura del tiro con arco, comenzando desde sus raíces, con la aparición del tiro con arco, hasta la actualidad del deporte. También se profundiza en el usuario, es decir, la persona que practica tiro con arco, cómo funciona su cuerpo y mente.

**Encuesta:** Se realizan 2 encuestas a lo largo de la investigación, una a 64 arqueros en el torneo nacional de fines del año 2019 (pre pandemia Covid-19) y otra encuesta a 52 arqueros vía online en julio de 2020, (en pandemia Covid-19) El objetivo de estas encuestas, es reconocer al usuario: Un contexto social y psicológico y técnico del practicante de tiro con arco.

**Entrevista:** Con el fin de conocer el funcionamiento del deporte, y de los entrenamientos, se realiza una entrevista a Andrés González, experimentado arquero y actual entrenador.

**Prototipado analítico integral,** a través de dibujo y sketch,

**Prototipo físico enfocado** para analizar y cuantificar el libraje de los tubos elásticos

**Prototipado físico integral** a través de iteraciones sucesivas, fabricación de piezas, testeos y conclusiones.

## QUÉ ES LA ARQUERÍA O TIRO CON ARCO?

A grandes rasgos, según la “world archery”, órgano rector internacional del tiro con arco, “arquería es la práctica o habilidad de usar un arco para propulsar flechas.” (World archery, n.d.) Entonces, se entiende a partir de esta definición que el tiro con arco es una actividad que realiza el ser humano, y que necesita de 2 implementos fundamentales para poder llevarse a cabo: El arco y la Flecha.

Por otra parte, “La arquería es un deporte que requiere las habilidades de precisión, control, concentración, repetición y determinación. Puede ser practicada por todos, sin importar edad ni género.” (Vasquez, s.f.)

“Quienes practican tiro con arco suelen llamarse “arqueros o arqueras”, y las personas expertas en la arquería son toxofilitas; del griego antiguo (tokson “arco”) y (philos “amigo”).” (World archery, s.f.)

El término “arquería” puede verse representado también como “Tiro con Arco”, un concepto ampliamente utilizado en esta actividad siendo un sinónimo de arquería, siendo el utilizado durante el desarrollo de este proyecto.

Para continuar y entender el contexto general y específico de la presente investigación, se hace imprescindible responder a las siguientes interrogantes: ¿Qué es un arco? y, ¿Qué es una flecha?

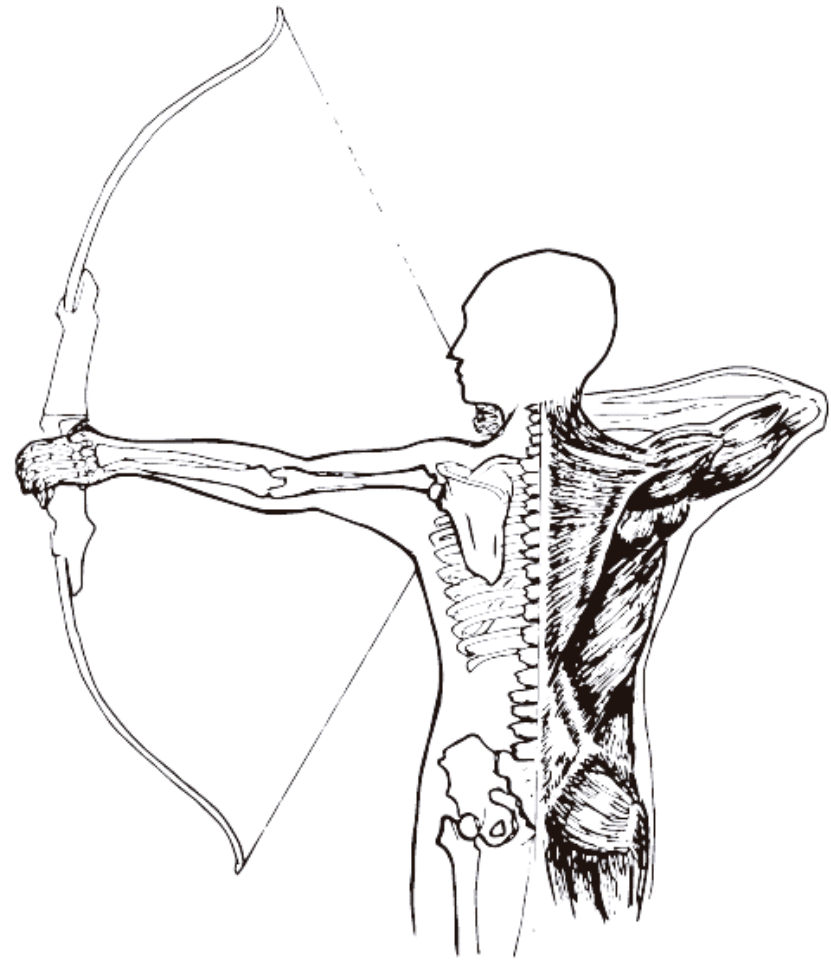


Ilustración 1 - Músculos y esqueleto del arquero. Elab. Propia

## La flecha

La flecha es una “varilla recta guarnecida con plumas en la parte trasera y armada de una punta acerada)” (J.D.W.M, 1863)

La varilla recta, tradicionalmente construida de madera y actualmente de materiales como aluminio y fibra de vidrio, conforma el cuerpo de la flecha. Las plumas, que actualmente son de polímero, tienen la función de estabilizar el vuelo y la trayectoria de la flecha. La punta acerada tiene como función penetrar la superficie del objetivo con su forma puntiaguda y dura. Se entiende, además, que la flecha es el proyectil que propulsa un arco.

## El arco

El arco, puede definirse por el siguiente principio básico: “**dos brazos armados por medio de una cuerda que los mantiene en tensión**” (Hamilton, 1982), según esta configuración, la tensión aumenta cuando la cuerda se jala con la flecha en posición, haciendo que los brazos del arco también llamados palas se flecten guardando energía potencial cinética. Al momento de soltar la cuerda, las palas transfieren la energía guardada a la cuerda, y ésta a la flecha, que sale impulsada rápidamente en la dirección donde se apuntaba.

Esta idea o principio, es decir: el arco; no tiene un origen claro en la historia, pero en definitiva tuvo un gran impacto en el desarrollo de la humanidad, permitiendo llevar alimento al hogar a través de la cacería, y también siendo un factor decisivo en las antiguas batallas donde se disputaban extensos territorios.

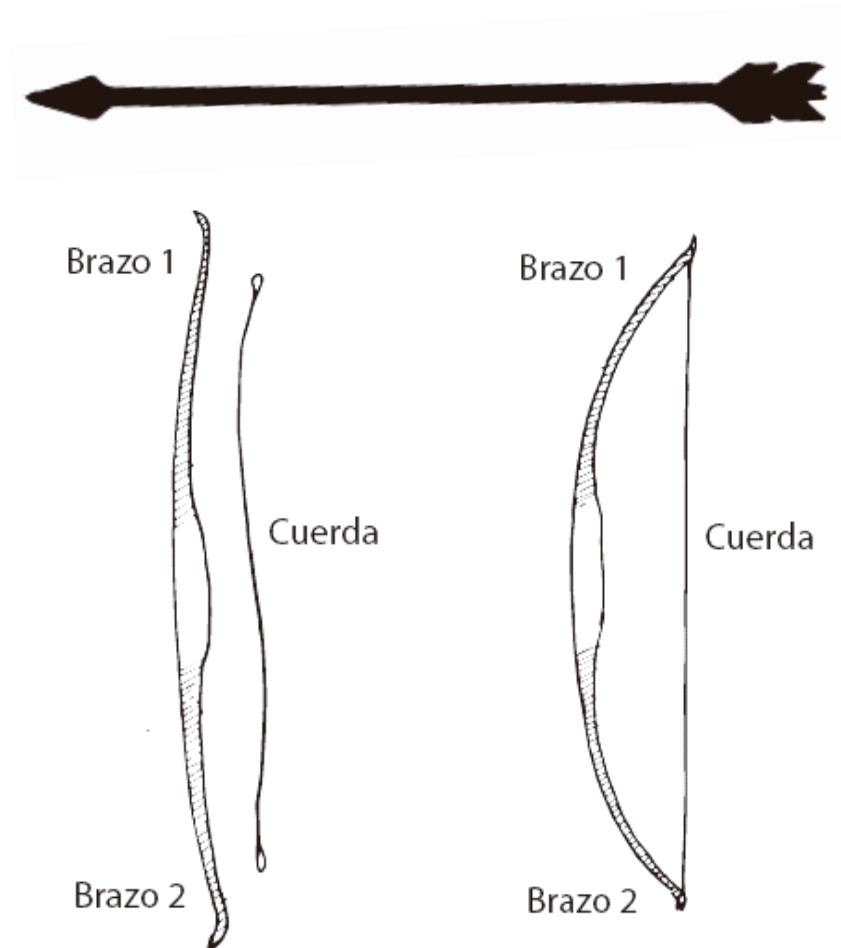
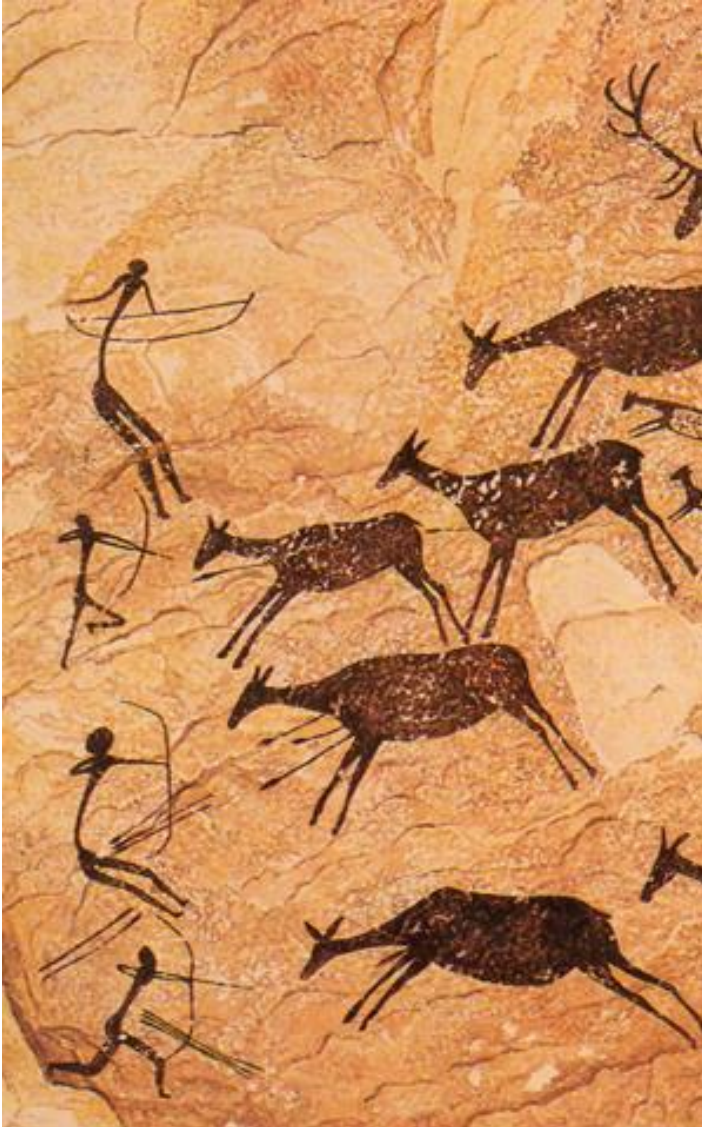


Ilustración 2 - Flecha, arco desamado y arco armado. Elab. Propia



Fotografía 1 - Pintura prehistórica

## HISTORIA DEL TIRO CON ARCO

*“Pocas innovaciones fueron más importantes para el humano antiguo que el arco” - Karl Chandler.*

El siguiente capítulo tiene como función situar al lector en el contexto histórico en el cual se desarrolló la arquería, y así entender el porqué de la existencia de esta disciplina que ha evolucionado a lo largo de la historia, y por qué aún persiste como deporte o actividad recreacional.

## ¿Dónde, Por qué y Para qué?

El uso del arco y flecha no tiene un inicio claro en la historia aún; se han encontrado evidencias arqueológicas de puntas de flechas a lo largo del mundo en África, Asia y Europa, que datan del año 60.000 ac, pero, no hay cómo evidenciar si estas puntas fueron disparadas con un arco o con algún otro propulsor. (Gill, 2010)

Sin embargo, es en el yacimiento de Elm en Dinamarca, donde se datan los arcos más antiguos encontrados (Alrune, 1992) donde las condiciones climáticas posibilitaron la preservación de estos arcos. Estos datan posiblemente del Pleistoceno, es decir, entre el año 12.800 ac y el 11.500 ac aproximadamente.

Mingyue menciona en su obra "Six Arts as Ancient Curriculum of China" (Mingyue, 2017) que los humanos del paleolítico debían su vida gracias al uso del arco, el cual proveía los elementos necesarios para subsistir.

Se estima que el arco nació con el propósito de la cacería principalmente, este cumplía de manera primitiva su función y definición mencionada anteriormente, siendo suficiente para que la flecha propulsada impactara con la fuerza necesaria para perforar la piel del animal incapacitándolo, quedando éste a disposición de los cazadores cuyo objetivo era alimentarse a sí mismos y/o a su tribu con carne producto de la caza, además de proveer las pieles, huesos, cuernos y otros subproductos animales utilizados para la confección de ropajes, herramientas, hogares, objetos rituales, etc.

A pesar de que el tiro con arco ha existido según los estudios hace milenios (año 12.000 ac aproximadamente), fue con las

grandes civilizaciones como los egipcios y chinos, las cuales tienen antecedentes del uso del arco que en alrededor de los años 3000 y 1000 AC, las que le dieron un uso bélico importante en sus ejércitos. Con este nuevo uso para el arco, las civilizaciones dotaron de nuevas tecnologías al desarrollo del arco y flecha buscando más potencia, efectividad y eficiencia.



Fotografía 2- Pintura en la cueva del arco



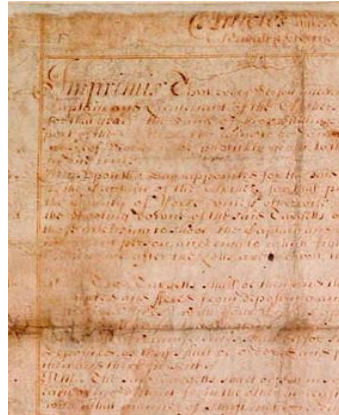
## Civilizaciones y el tiro con arco

Muchas civilizaciones han utilizado el arco y flecha dentro de su cultura bélica y espiritual a lo largo de la historia, por ejemplo, los egipcios son la primera generación que tiene registro del uso del arco en su ejército (The University of Liverpool Repository, 2018).

Los japoneses desarrollaron un arco asimétrico muy grande a diferencia de los demás vistos en otras civilizaciones, cuya práctica se consideró, y se considera un arte marcial espiritual, y así como los japoneses, la cultura china también desarrolló el tiro con arco con un enfoque espiritual, además de considerar al tiro con arco como una de las 6 artes del caballero (Mingyue, 2017)

Los hunos y mongoles fueron famosos por utilizar arcos montando a caballo, desarrollaron arcos pequeños para este cometido, que les valió la conquista de muchos territorios.

Los ingleses desarrollaron el Longbow, un arco tan fácil de construir que causó problemas sociales, ya que los más pobres podían acceder a tener un arma capaz de atacar a distancia a los poderosos en una época donde la desigualdad era abismal (Loades, 2013) Además, fueron los ingleses quienes realizaron el primer torneo de tiro con arco en 1673.



Fotografía 3 - Pergamino original primer evento deportivo. 1673

Si se desea profundizar más en la historia del tiro con arco, revisar el anexo A.



Fotografía 4 - Arquero Japonés

## EL TIRO CON ARCO EN LA ACTUALIDAD

El arco y flecha, hasta este punto de la historia, se ha visto como una disciplina bélica, y en parte, espiritual. Es en el año 1900 donde la arquería se incluyó por primera vez en los Juegos Olímpicos, que se consagró como un deporte internacional, comenzando a verse como un entretenimiento sano y competitivo (González, 2007)

Esta nueva manera de ver la disciplina, junto al desarrollo tecnológico-industrial de estos años, llevó a una evolución del arco tradicional, mejorando sus materiales, precisión, técnicas constructivas y ergonomía.

Fue una evolución paulatina hasta llegar al arco que se conoce hoy en día y se verá más adelante, fueron apareciendo nuevos elementos como un agarre ergonómico para la mano, también la ventana de arco que permite alinear correctamente la flecha en el plano del arco tensado, y mejoras en los materiales de fabricación, además de pasar de ser un cuerpo largo que incluye los 2 brazos, a una pieza central rígida con los brazos desmontables y flexibles.



Fotografía 5 - Arco recurvo de la antigüedad



Fotografía 5 - Arco recurvo moderno

## El Arco contemporáneo

Es difícil hablar de un arco contemporáneo en particular, pues la diversidad de categorías existentes en las competencias impiden la descripción de un arco absoluto, sin embargo, se reconocen 2 principales arcos: el recurvo y el de poleas. (Puede obtener información del arco de poleas en los anexos

### El Arco de Poleas

El arco de poleas es la cúspide del desarrollo tecnológico del arco, si bien se reconocen las palas, el grip, y la cuerda, tiene otros elementos encargados de maximizar la potencia que entrega al lanzar las flechas, su estabilidad y precisión, lo que incluye también modificaciones en la técnica y el gesto deportivo.

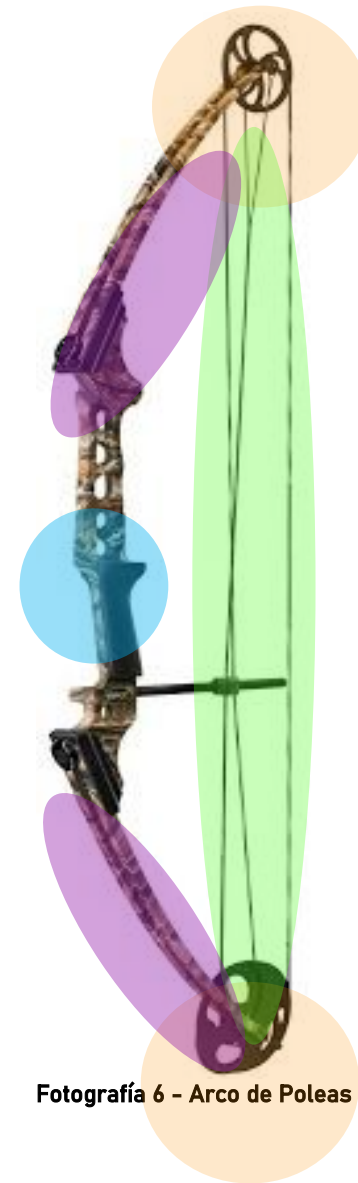
Los elementos propios del arco de poleas son:

**Poleas:**

**Cuerdas**

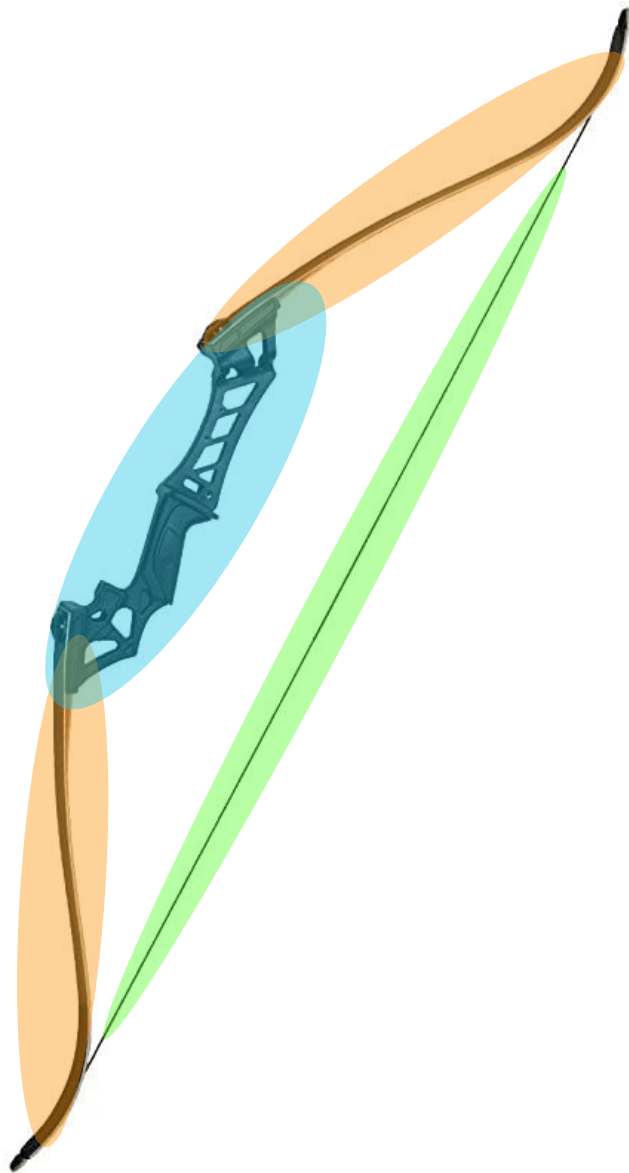
**Mira**

**Palas de arco de Poleas**



Fotografía 6 - Arco de Poleas





Fotografía 7 - Arco Recurvo

## El Arco Recurvo

El arco recurvo es aquel que posee palas curvas hacia el sentido contrario de la curva general del arco, presentando más de una curva en su composición. El arco recurvo con palas desmontables es el utilizado actualmente en el deporte nacional e internacional, y se divide principalmente en 2 categorías: el arco recurvo raso y el arco recurvo olímpico.

Las partes principales que definen a un arco recurvo convencional son

**Palas:** son los brazos del arco, estas se flectan al jalar de la cuerda, suelen ser de madera laminada y fibra de vidrio

**Riser:** es la pieza central del arco, es rígida diseñada para resistir la flexión, comúnmente fabricada de metales ligeros como aluminio o magnesio. Posee el "GRIP", pieza donde se toma el arco

**Cuerda:** La cuerda mantiene los brazos en tensión, por lo que no debe ser elástica, puede estar fabricada de 2 materiales comercializados en el mercado, el Dacron y el Fast Light.

### *Tiro con arco Olímpico*

El tiro con arco Olímpico es una categoría de competición que utiliza un arco recurvo como base y otros implementos que lo definen. Es la categoría más importante del tiro con arco en la actualidad, siendo la que ha sido parte de las olimpiadas durante el último siglo y en competencias internacionales de tiro con arco.

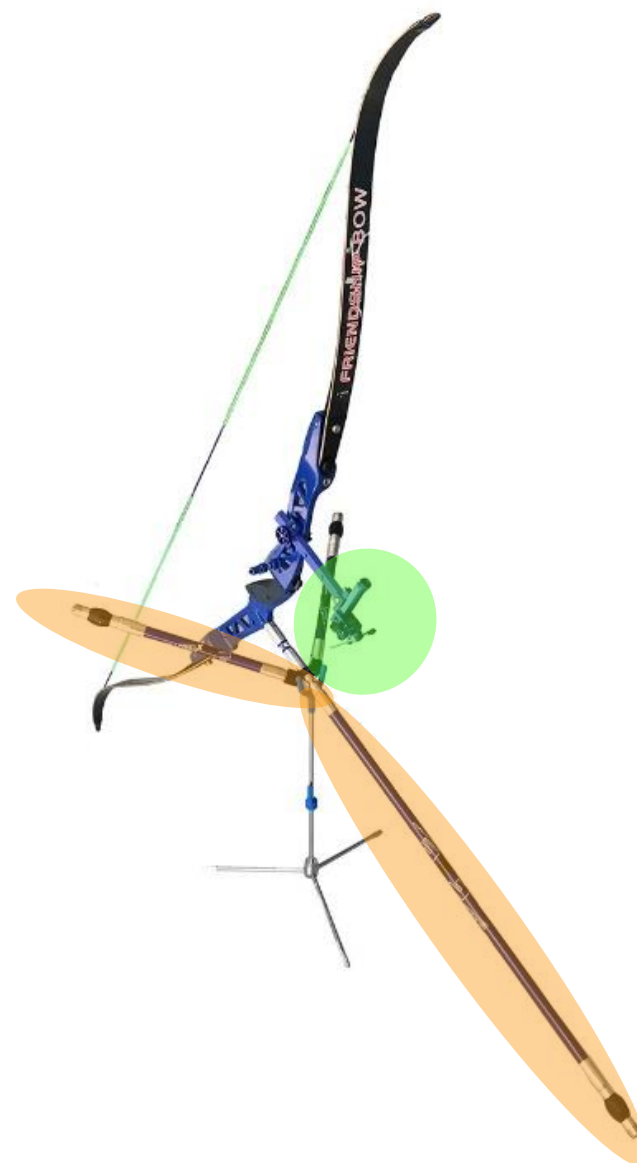
Como se muestra en la imagen, el arco recurvo olímpico cuenta con la base de un arco recurvo normal, pero se le incluyen principalmente:

**Estabilizadores:** Los estabilizadores cumplen su función de estabilizar el arco al momento de jalar la cuerda y propulsar la flecha.

**Mira:** El arco olímpico cuenta con una mira para aumentar la precisión del disparo, ajustable a cada deportista.

Y otros elementos más pequeños que ayudan a la precisión.

El tiro con arco olímpico suele practicarse de distancias desde los 5 hasta los 90 metros en competencias.



Fotografía 8 - Arco Olímpico

### *Tiro con arco Raso*

El tiro con arco Raso es una categoría que utiliza el arco recurvo como base, sin los implementos que suelen utilizarse en el tiro con arco olímpico.

Al no contar con accesorios como estabilizadores o una mira, es más barato adquirir un arco de esta categoría que uno olímpico.

Otra variación importante del arco raso, es su técnica al usarlo, levemente diferente al arco de olimpiadas.



**Fotografía 9 - Arco Raso**

## **Competencias y torneos de Chile**

Muchos clubs del deporte se ha visto en la obligación de cesar sus actividades debido a la pandemia. El cronograma habitual de las competencias del tiro con arco situaba un torneo oficial cada mes, sin embargo, hubo muchos meses sin un torneo oficial ni prácticas organizadas por clubs.

Una competencia consiste en la disputa entre arqueros por obtener el mayor puntaje total posible, el cual es la suma de los puntajes de cada tiro efectuado a la diana, la cual es el objetivo de la flecha, que contabiliza desde 1 a 10 puntos.



**Fotografía 10 - Diana de campeonato**

Si se desea conocer más acerca de los torneos realizados en Chile, revisar el anexo B

## EL USUARIO: PRACTICANTE DE TIRO CON ARCO

La investigación identifica al practicante del tiro con arco como al usuario del Dispositivo de entrenamiento de musculatura específica para Tiro con Arco.

### **El arquero/a en Chile**

El arquero, o arquera, es la persona que practica tiro con arco, sea de manera recreativa o competitiva. El arquero tiene uno o varios objetivos al practicar este deporte, este objetivo, de elección personal, puede ser desde “pasarle bien” a incluso “ganar una medalla olímpica”.

La **primera encuesta** realizada a 64 arqueros y arqueras durante el torneo nacional de tiro con arco organizado por FECHTA, en Santiago, el 16 de noviembre de 2019 levanta información y datos que favorecen la identificación del tipo de persona que hay detrás del uso de un arco y flecha, teniendo las primeras nociones del **usuario** para el proyecto de Diseño asociado a esta investigación.

A continuación se presentan datos asociados a la primera encuesta.

#### Edad

Se identificó que la edad del arquero suele ser desde menores de edad, a mayores de 55 años, lo que indica que, a diferencia de otros deportes, el Tiro con arco puede practicarse sin problemas a pesas de tener una edad avanzada.

#### Sexo

Según la información obtenida en el torneo, 37 personas son hombres y 27 son mujeres, lo que indica que, si bien, el número de hombres es mayor, no existe in género ni sexo predominante en la participación de este deporte.

#### Horas dedicadas

Los arqueros tienen una variada gama de posibilidades en la cantidad de horas de entrenamiento, pues, en el torneo, participaron desde personas que entrenan menos de 2 horas a la semana, hasta personas que entrenan más de 20 horas a la semana.

#### Comuna de residencia

Si bien, existe una clara tendencia en la participación de personas que viven en comunas más adineradas, hay representatividad de comunas con menos recursos, lo que indica que un arquero puede tener cualquier origen socioeconómico y geográfico. Cabe destacar que hay una gran participación en el deporte por parte de todas las regiones de Chile, sin embargo este torneo fue local en Santiago.

#### Motivación

La encuesta reveló que los 2 motivos principales por los que las personas practican tiro con arco son tener una mente clara y mejorar su condición física.

Si desea profundizar en los datos de esta encuesta, revisar el Anexo C

## Covid-19

La **segunda encuesta**, realizada a 52 arqueros y arqueras en uno de los meses más complicados de la pandemia de Covid-19 en Chile, con el fin de conocer el impacto de ésta en los deportistas, resultó en información y datos que respaldan al presente proyecto. (Si quiere profundizar en la segunda encuesta, puede revisar los anexos)

**El 82% ha visto afectado su entrenamiento** habitual en el tiro con arco, es decir, aproximadamente 4 de cada 5 personas, ha sufrido cambios en la calidad del entrenamiento en deporte.



Consultado a los mismos encuestados, se tiene de primera fuente, además, que la característica más perjudicada de la comunidad de arqueros es la **condición física**.

El **79%** de los encuestados reconoció ver afectado su estado físico, presentando por lo menos una de las siguientes problemas para el deporte: **pérdida de masa muscular, pérdida de fuerza y pérdida de resistencia**.

El **56%** de los encuestados, reconoció estar obteniendo **bajos puntajes** con respecto a los que solían obtener previamente a la pandemia, es decir, más de la mitad de los practicantes del tiro con arco presentan una **pérdida de precisión** en el deporte.

Finalmente, El **50%** de los encuestados reconoció que su habitual **nivel de concentración ha sido afectado negativamente** mientras ejecutan los disparos, esto se ve reflejado en la sensación de **inseguridad**, desorientación, incomodidad, y presencia de posibles espasmos.

Estos datos reflejan una preocupante situación de la comunidad del tiro con arco que no ha podido entrenar con la frecuencia que solía hacerlo antes de la pandemia. Sin embargo, **el dejar de entrenar puede ocurrir en cualquier momento**, por ejemplo por concentración de estudios, mucho trabajo, problemas familiares y económicos, por la pérdida de material de entrenamiento, etc. Dentro de los próximos capítulos se profundiza qué es lo que ocurre con el cuerpo al detener el entrenamiento, estudiando la **musculatura específica** y la **memoria muscular**.

## **Beneficios del deportista asociados al tiro con arco**

“El tiro con arco es una actividad física que beneficia áreas del desarrollo muscular y la salud mental” (Vasquez, s.f.) Esta afirmación es coherente con los resultados de la primera encuesta, donde los participantes reconocieron que practicar Tiro con arco los ha ayudado. Es un hecho que el tiro con arco tiene beneficios físicos y psicológicos para quién lo practica.

¿Cuáles son exactamente los beneficios de este deporte?

Según la página web oficial de la World Archery, que es el órgano rector del tiro con arco a nivel mundial, existen 8 beneficios para la salud como consecuencia de la práctica de este deporte, las cuales son:

Si se desea profundizar en estos beneficios revisar el Anexo D.

**Ejercicio**

**Fuerza**

**Control**

**Coordinación**

**Paciencia**

**Relajación**

**Auto-confianza**

**Socialización**

## LA TÉCNICA DEL TIRO CON ARCO

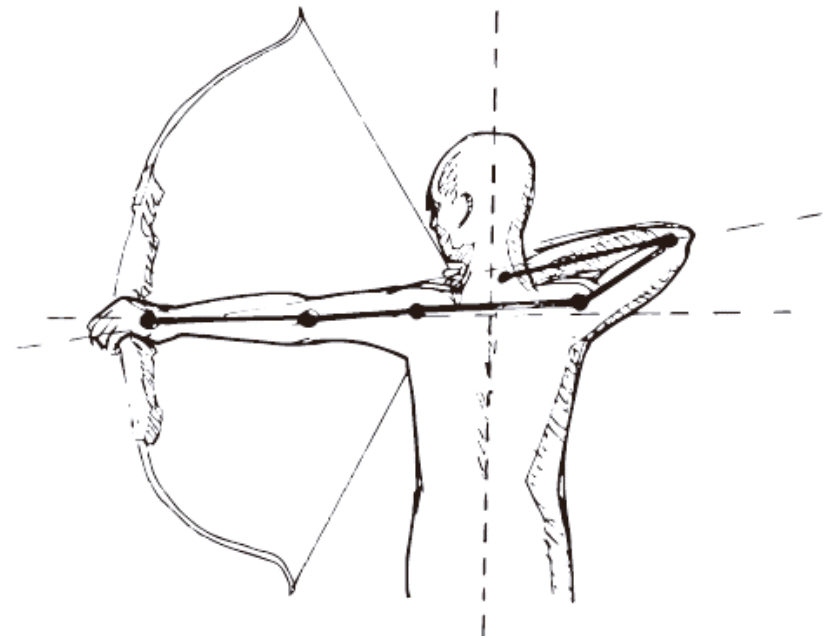
La Real Academia Española, define el concepto “técnica” como: “Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte”

“La técnica de tiro completa del arquero ideal es sencilla y sin complicaciones; todos sus movimientos y acciones se realizan suavemente y con naturalidad, consiguiendo que el cuerpo y el arco funcionen conjuntamente, como una unidad” (Axford, 1995). Esta definición de Axford da a entender lo importante que es la relación del arquero con su arco. En su libro “Anatomía y Tiro con arco”, hace énfasis en la dependencia de la concentración mental, determinación, motivación y visualización. No obstante, se requiere el uso de un buen soporte físico, el cual es el trabajo conjunto de huesos, articulaciones, tendones y músculos del cuerpo humano.

En el tiro con arco, la técnica es la secuencia de posturas y movimientos necesarios para ejecutar óptimamente la propulsión de una flecha con el arco. Busca principalmente la precisión y evitar lesiones. Por otro lado, se puede entender como un dialecto que existe entre el deportista y su arco; mientras más desarrollada sea esta comunicación, es decir, la técnica, más precisión tienen las flechas propulsadas por el deportista y su arco, así como también una mejor optimización del uso de sus huesos y músculos.

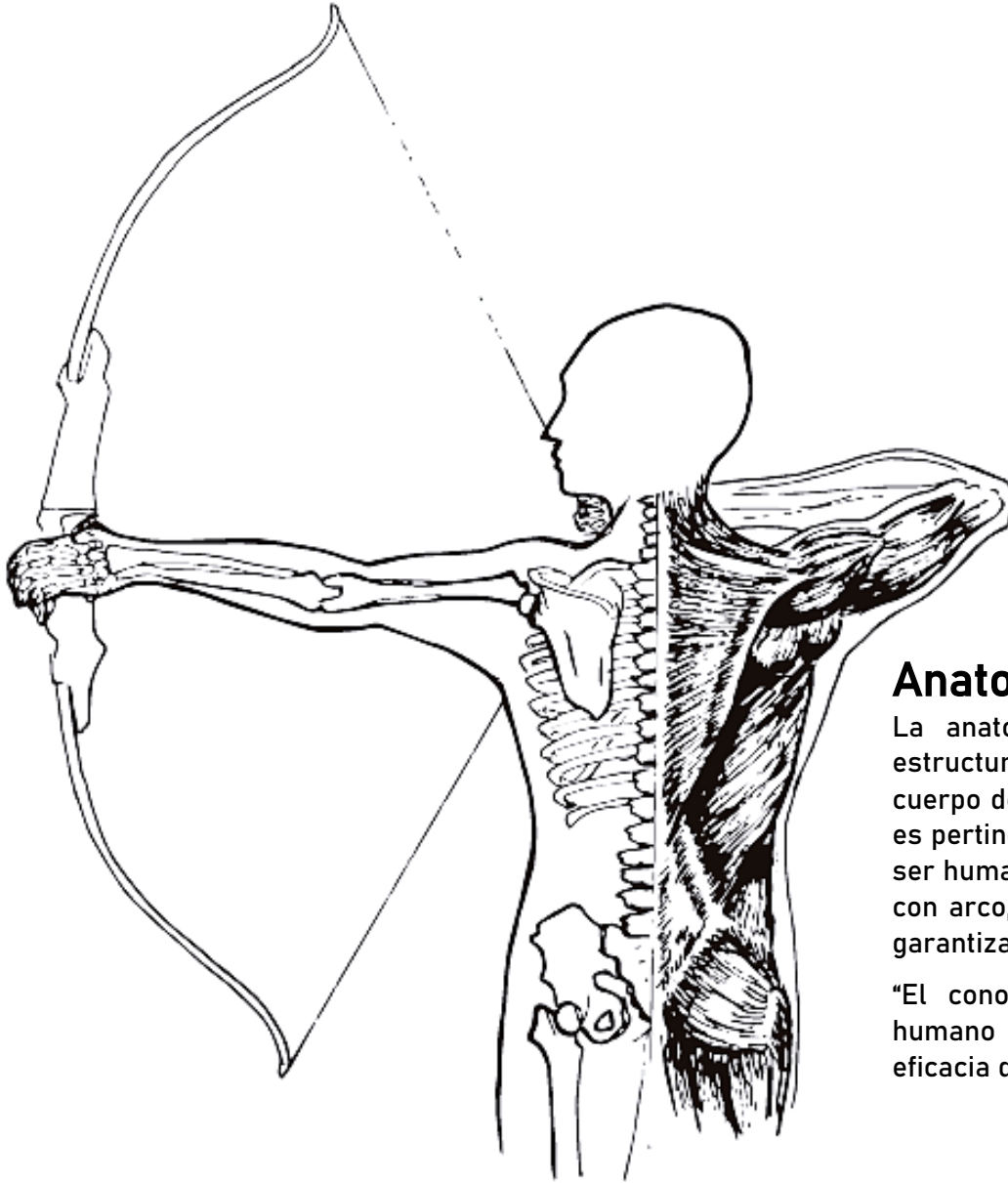
La ejecución sostenida en el tiempo de esta técnica otorga al arquero o arquera un mayor control del arco, ya que el ejercicio muscular manifestado en la repetición constante de la técnica mejora la condición física y la musculatura específica para esta

actividad. “A través de la repetición asidua de la tarea se aprende su técnica, se mejora la coordinación de sus movimientos y finalmente se automatizan estos movimientos” (M. E. Navarro, 2001)



**Ilustración 3 - Técnica del tiro con arco- Elab. Propia**

Para comprender cómo funciona la técnica del tiro con arco, es necesario entender el cuerpo humano. El ser humano tiene una configuración corporal que define los límites de esta técnica, por lo que la anatomía está íntimamente ligada a esta, la que es estudiada a continuación



## **Anatomía del arquero**

La anatomía se define como la ciencia que estudia la estructura, forma y relaciones de las diferentes partes del cuerpo de los seres vivos. Para el caso de esta investigación, es pertinente conocer las estructuras óseas y musculares del ser humano involucradas en la ejecución de la técnica del tiro con arco, ya que el correcto y óptimo uso de esta estructura garantiza mejores resultados en el deporte.

“El conocimiento de la estructura anatómica del cuerpo humano es esencial para poder apreciar adecuadamente la eficacia de su uso” (Axford, 1995)



## Huesos y músculos del ser humano

El esqueleto humano es una agrupación de huesos unidos mediante articulaciones, su función es sostener y dar estructura al cuerpo humano. A su vez, los huesos están unidos a ligamentos, tendones y músculos.

Los músculos son estructuras fibrosas adosadas a los huesos, y son los encargados de generar el movimiento del cuerpo humano y su desplazamiento.

“Los músculos se contraen para ejecutar acciones, ensanchándose y/o engrosando su espesor y acortando la distancia entre sus extremos”... “Debido a la contracción muscular, partes de la estructura ósea y, como consecuencia, del cuerpo, se acercan o alejan unas de las otras o giran”. (Axford, 1995). Esta cita explica el origen de todo movimiento corporal del ser humano, que, con la coordinación y aprendizajes necesarios, se pueden realizar actividades tan básicas como caminar, levantar un objeto, escribir, abrazar, etc. Todas estas acciones, y muchas más son las que puede realizar el ser humano gracias al movimiento de partes del cuerpo generadas por un cambio en la posición de huesos, y estos a su vez son movidos por las contracciones musculares.

La naturaleza del músculo es contraerse, jamás va a estirarse por cuenta propia. Por regla general, las acciones opuestas, como pueden ser levantar y bajar el brazo, son realizadas alternadamente, es decir, un grupo de músculos se encarga de mover el brazo hacia un lugar, y luego, otro grupo de músculos complementarios se encarga de mover el brazo al lugar de origen.

Una vez entendiendo el funcionamiento y accionar de los músculos y huesos, se procede a comprender cómo estos trabajan conjuntamente en la actividad del tiro con arco; cuáles son los músculos y huesos involucrados, y cómo estos controlan las fuerzas derivadas del uso de un arco.

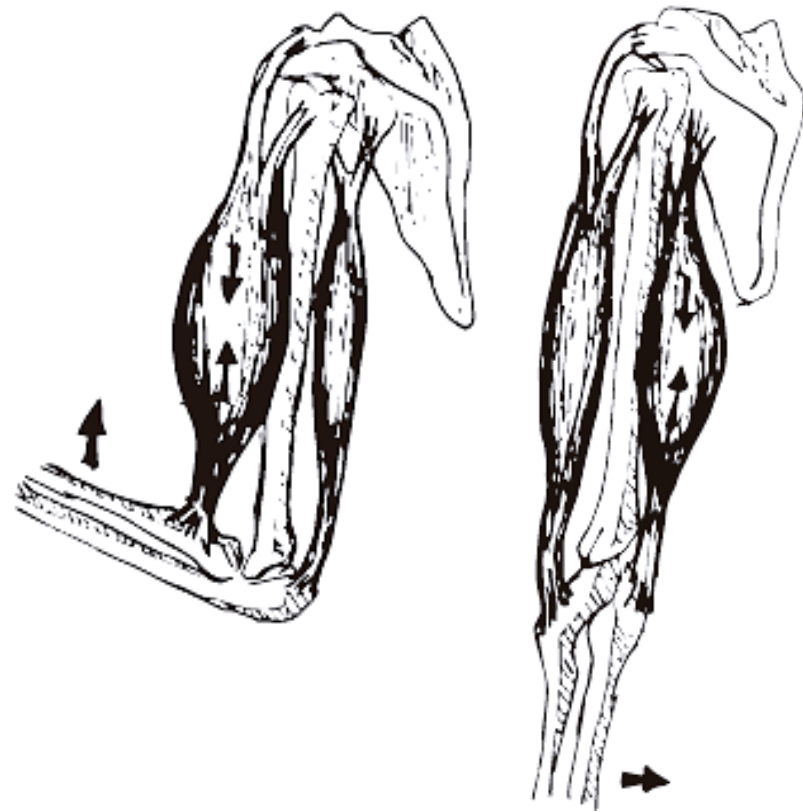


Ilustración 4 - Contracción muscular. Elab. Propia

## Biomecánica del arquero

“La biomecánica es la ciencia que aplica las leyes físicas y mecánicas al rendimiento del cuerpo humano, y, examina las fuerzas internas y externas que actúan sobre éste y los efectos producidos por estas fuerzas.” (Larven, 2014)

En el caso del tiro con arco, según Axford, la persona que utiliza un arco experimenta dos fuerzas principales. Por un lado, **el peso físico del arco**, que actúa verticalmente hacia abajo por la gravedad, apoyado en la mano de arco, y, por otro lado, **la fuerza de compresión** correspondiente al esfuerzo del arquero para tensar el arco, que empujan hacia atrás la mano, brazo, y hombro de arco y tira los dedos, muñeca y codo de cuerda a lo largo de la llamada línea de esfuerzo de apertura (DFL). (Axford, 1995).

En la ilustración de la derecha:

- Fuerza del arco
- Fuerza del arquero

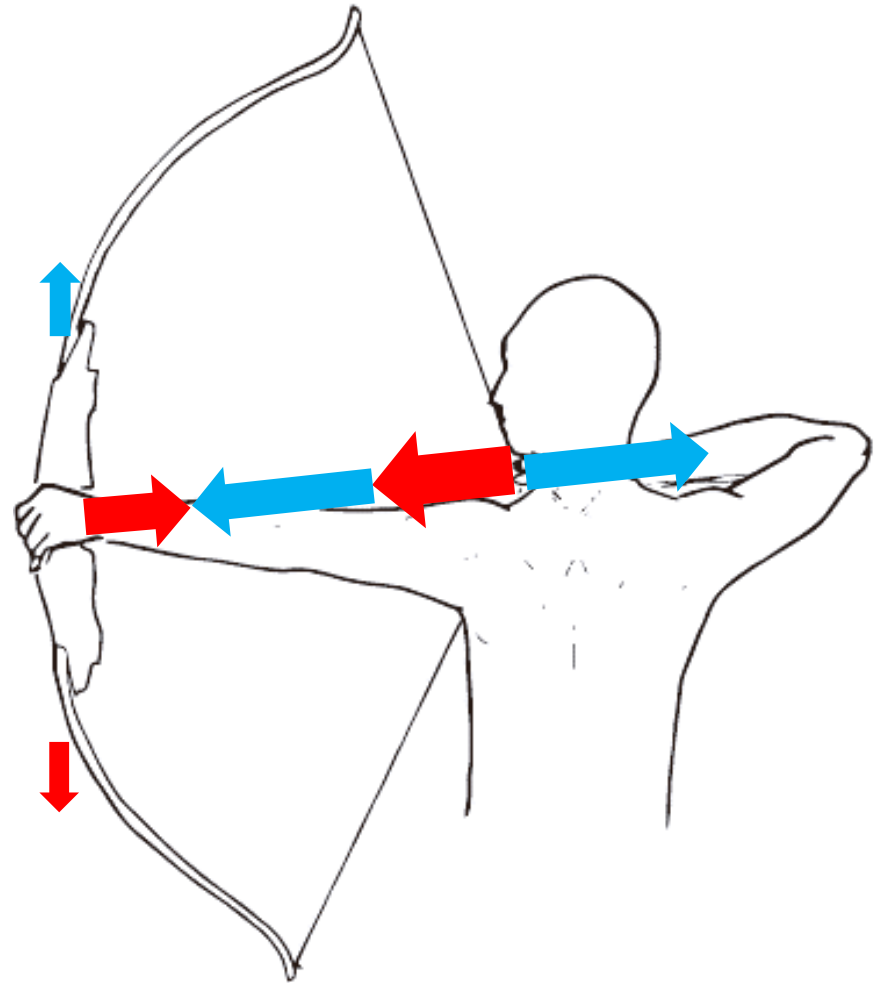


Ilustración 5 - Diagrama de fuerzas. Elab. Propia

Un principio básico, pilar de la técnica del tiro con arco es el siguiente: “Los músculos se fatigan, pero los huesos no” (Larven, 2014) Este principio indica que un arquero o arquera debe desarrollar una técnica de tiro basada en **maximizar el uso de los huesos y minimizar el uso de los músculos**, así el deportista puede aprovechar la estructura del esqueleto ejerciendo la mínima fuerza necesaria para ejecutar la propulsión de una flecha con un arco adecuadamente. Esto no quiere decir que casi no exista fuerza ejercida por el arquero, pues la fuerza necesaria para abrir o tensar un arco de libraje promedio según la segunda encuesta realizado a 52 arqueros, es equivalente a levantar y sostener desde 13 a 18 kilogramos.

El propósito de este principio estructural del cuerpo humano en esta actividad es principalmente evitar lesiones y evitar la fatigación de los músculos durante el entrenamiento y competencias deportivas. Las lesiones en el tiro con arco son comunes y toman mucho tiempo en sanar, estas son provocadas por un sobre esfuerzo muscular al ejecutar incorrectamente la técnica del tiro con arco de manera sostenida en el tiempo, por lo que es muy importante asesorarse apropiadamente con el entrenador.

Por otro lado, usar un arco requiere de la musculatura específica que se desarrolla mediante la práctica de este deporte. Así, una persona que comenzó a entrenar en una fecha determinada, meses después, puede comenzar a utilizar un arco de mayor libraje, o en palabras menos técnicas, un arco más duro de abrir y más potente.

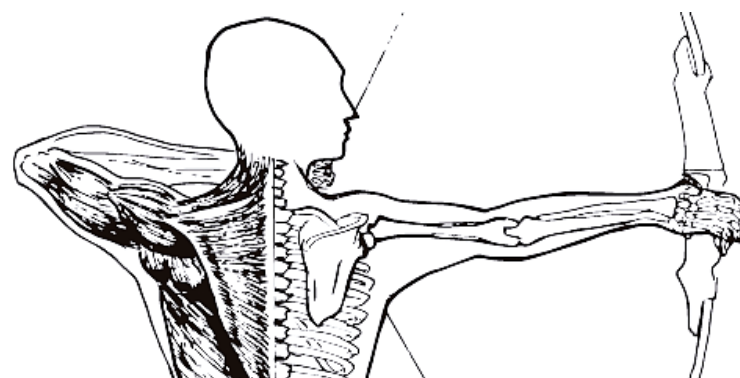


Ilustración 6 - Huesos y músculos del arquero. Elab. Propia

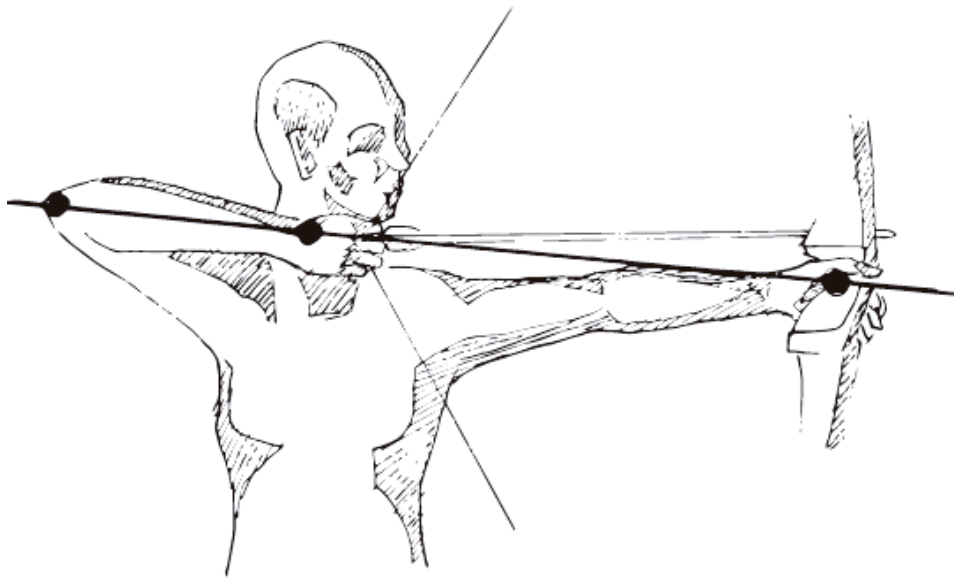


Ilustración 7 - DFL. Elab. Propia

### *Línea de esfuerzo de apertura (DFL)*

En la técnica del tiro con arco, existe un momento donde el arquero debe apuntar al objetivo con el arco tensado, es decir, jalando de la cuerda. En este momento el cuerpo del arquero experimenta la mayor fuerza que el arco puede generarle y debe resistirla. Es por esto, que es importante el uso de una técnica eficaz que minimice el uso de músculos que puedan fatigarse y maximice el uso de la estructura ósea. Una manera de evaluar el correcto uso de la técnica es la Línea de esfuerzo de apertura (DFL) ejemplificada en la ilustración de la izquierda.

Como se puede apreciar en el esquema, la línea de esfuerzo de apertura es una línea imaginaria que, si se observa mientras un arquero ejecuta la técnica de manera óptima, pasa por tres puntos definidos: La mano del brazo de arco, La mano de cuerda, y el codo de cuerda. Cabe destacar que esta línea representa la apertura óptima de un arco y no refleja necesariamente la realidad de todos los arqueros y arqueras, por lo que un principiante en este deporte puede utilizar este recurso para evaluar la eficacia de su técnica y perfeccionarla, para que, con tiempo, dedicación y el entrenamiento correspondiente pueda alinear estos tres puntos de la DFL.

### *Musculatura involucrada en el tiro con arco.*

El tiro con arco es un deporte que requiere de una gran concentración y una buena técnica para ser llevado a cabo. Se utiliza el cuerpo humano en su totalidad, desde pies a cabeza, sin embargo, son la zona del tronco y extremidades superiores las que más involucramiento tienen en la ejecución de la técnica, y, en consecuencia, un uso muscular importante. Los músculos de los brazos, hombros y espalda deben, por un lado, generar la fuerza suficiente para abrir y tensar el arco, y, por otro lado, ser capaces de resistir por un tiempo estas fuerzas de tensión mientras se apunta.

#### Brazo de arco

El brazo de arco es el encargado de sostener el arco tensado y debe ser capaz de permanecer recto y firme, esto gracias al accionar conjunto de dos grandes músculos situados en la zona del húmero: el bíceps y tríceps, ambos músculos complementarios. Además del accionar de otros músculos más pequeños (Larven, 2014).

#### Hombro

Por otro lado, la elevación y orientación del brazo de arco es controlada por músculos grandes situados en los alrededores de la articulación del hombro de arco. Este grupo muscular es el encargado de soportar el peso del arco, y puede verse afectado con fatigación y hasta lesiones por una mala ejecución técnica o por sesiones de entrenamiento excesivamente prolongadas (Larven, 2014).

#### Espalda

Finalmente, la mayor parte del trabajo muscular al momento de tensar del arco hasta el punto ideal y mantenerlo así para apuntar, es realizado por los grandes músculos de la espalda y del hombro de cuerda. Estos músculos son los encargados de mover el brazo de cuerda hacia atrás, el cual sostiene la cuerda del arco con los dedos de la mano respectiva (Larven, 2014).

Al momento de apuntar con el arco tensado, este transfiere la mayor cantidad de energía posible al arquero, que, debe mantener una postura adecuada, resistir la fuerza de compresión del arco, y llevar su concentración al límite, pues un error milimétrico en la técnica puede significar que la flecha propulsada impacte a muchos centímetros o incluso metros del objetivo.

## Memoria muscular

Un fenómeno importante en el tiro con arco y en cualquier otro deporte es la memoria muscular o memoria motriz. El concepto memoria se define en el ensayo “Memoria Motriz” como “la capacidad de fijar, retener y evocar un hecho o acción pasada o aprendida” (Pérez, 2015). El autor hace referencia también a que la memoria en general se suele asociar con respuestas verbales, numéricas y a acontecimientos afectivos, sin embargo, la memoria también se aplica al funcionamiento motor del cuerpo humano, y es esta memoria en particular la que permite realizar acciones tan básicas en el día a día como caminar, escribir, peinarse, etc. Estas acciones suelen llamarse “Manifestaciones Motrices”

Del concepto “memoria muscular”, deriva el dicho popular: *“es como andar en bicicleta, nunca se olvida”*, refiriéndose anecdóticamente que, al andar en bicicleta después de mucho tiempo, la información de los movimientos necesarios para controlar la bicicleta, están guardados en la memoria a largo plazo y son transferidos a la memoria a corto plazo para su ejecución.

El Departamento Hospital Universitario Insular, enfatiza en la importancia de la cantidad de práctica de una manifestación motriz. “La cantidad de práctica es un factor decisivo en el aprendizaje de tareas motrices que exigen una alta coordinación neuromuscular” (M. E. Navarro, 2001).

En un artículo de la revista Infobae se cita a Ana Chezzi, especialista en antropometría la cual dice: “Si una persona entrenó el jueves, deberá volver a hacerlo el domingo, ya que el músculo tiene 72 horas de memoria, con lo cual si no vuelve a entrenar pasado ese tiempo, toda la preparación que hizo el organismo para que esos músculos empiecen a entrenar se pierde” (Infobae, 2018). Estas afirmaciones indican la importancia de un entrenamiento sostenido en el tiempo, que, si se deja de entrenar con regularidad, el control del arco se ve afectado negativamente.

A pesar de la capacidad del cuerpo humano de recordar movimientos rápidamente, la efectividad de estos dependerá directamente del estado físico y mental del deportista. Un arquero/a que retoma el tiro con arco después de unos meses sin entrenar puede recordar la técnica y el gesto deportivo, sin embargo, no con la misma capacidad muscular ni precisión de movimientos que tenía antes de dejar el entrenamiento. La pérdida de masa muscular, consecuencia de la falta de entrenamiento, impide que el deportista controle de forma efectiva el peso y tensión o libraje de su propio arco.

La memoria motriz es muy importante al entrenar el tiro con arco, ya que, para ejecutar la técnica, se requiere un definido patrón de manifestaciones motrices propias de la actividad, cuya repetición ordenada y sostenida en el tiempo, es decir, con entrenamiento, se garantizan mejores resultados en el deporte.

## Los 5 pasos de la técnica

Una vez comprendido el funcionamiento del cuerpo humano y cómo este se relaciona con el tiro con arco, se procede a definir la técnica de este deporte, paso a paso.

Según el experto en tiro con arco y entrenador Andrés González, la técnica correcta para ejecutar el tiro con arco se divide en 5 pasos críticos, los cuales, en orden cronológico son: Postura, Brazo de Arco, Tensado y Anclaje, Soltada y Posición Final.

Los 5 pasos mencionados otorgan solidez al arquero o arquera, y son válidos para todas las categorías de tiro con arco recurvo y tradicional.

### Postura

La postura corporal son los cimientos de cada disparo que se realiza; una buena postura de la persona en pie, con los pies en paralelo entre sí a una distancia similar a la distancia de los hombros y apuntando perpendicularmente a la línea de tiro, la espalda recta y el abdomen firme, garantizan firmeza corporal para soportar las fuerzas propias del arco tensado.

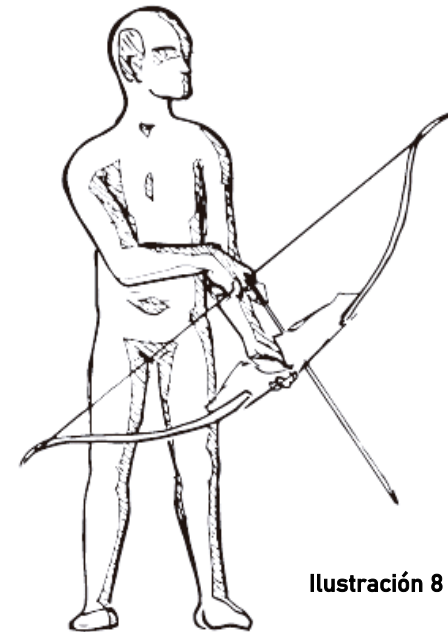


Ilustración 8 - Postura

Este momento es importante, ya que no sólo comienza la preparación física del cuerpo, sino que también la preparación psicológica donde el arquero se concentra y mentaliza en realizar bien el tiro de la flecha mirando al objetivo.

## Brazo de arco

En esta etapa, el arquero, concentrado y con una postura firme; levanta el arco con el brazo de arco pretensándolo, es decir, jala de un poco la cuerda de este, preparando el resto de los siguientes pasos.

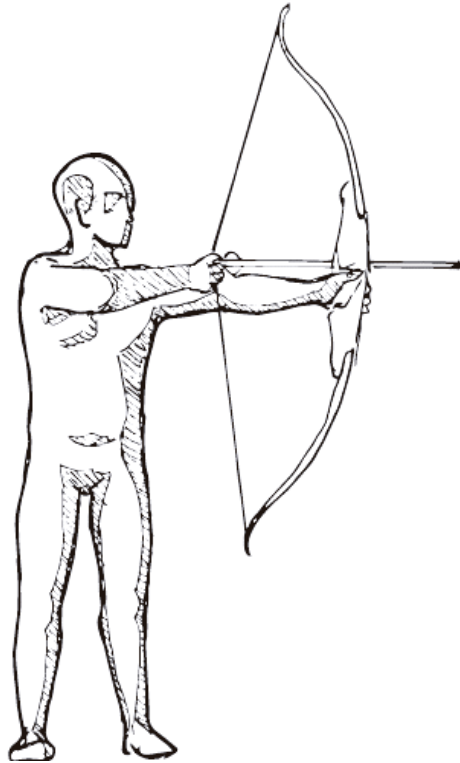


Ilustración 9 - Brazo de arco. Elab. Propia

En este momento el arquero inspira aire hasta llenar sus pulmones, la concentración aumenta, sin dejar de ver al objetivo.

## Tensado y anclaje

En este momento el arquero comienza a tensar el arco gracias al accionar de los músculos ubicados en la espalda y hombro de cuerda mientras exhala el aire de sus pulmones suavemente, sosteniendo el arco suavemente con la mano de arco y jalando de la cuerda con los dedos índice, medio y anular de la mano de cuerda hasta llegar al anclaje, lugar de óptima tensión del arco, situado aproximadamente entre el pómulo y la quijada para la categoría recurvo raso, y bajo la mandíbula en la categoría de recurvo olímpico.

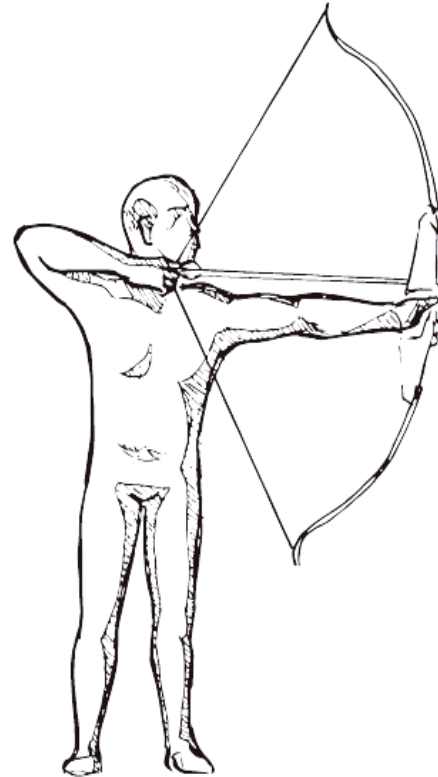


Ilustración 10 - Tensado y anclaje. Elab. Propia

En el anclaje, el arquero vive el momento de mayor concentración que puede ofrecer el tiro con arco, ya que mientras sostiene la tensión del arco, afina los últimos detalles apuntando al objetivo, para ejecutar el siguiente paso.



## Soltada

La soltada ocurre rápidamente, ya que al relajar los dedos que sostienen la cuerda, más la constante fuerza de la zona escapular, la cuerda sale fuertemente impulsada por las palas del arco que contenían toda la energía cinética, empujando consigo la flecha, que sale propulsada.

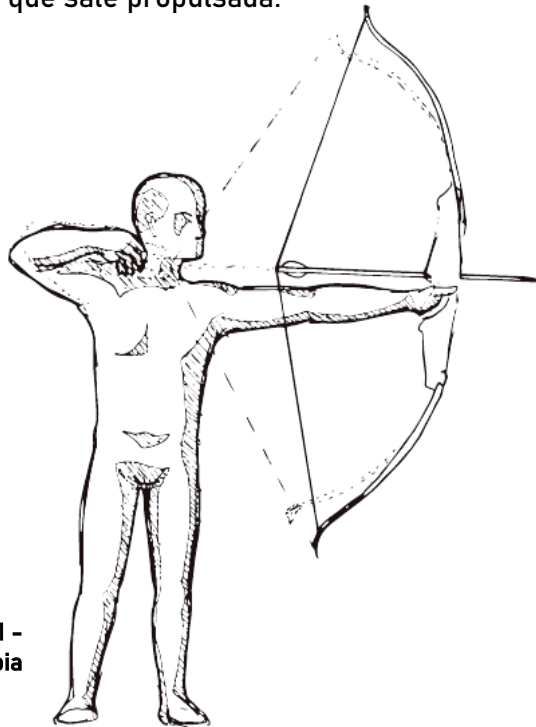


Ilustración 11 -  
Soltada .Elab. Propia

Sin embargo, los músculos de la espalda y escápula deben seguir tensos, propiciando una soltada limpia. Es importante practicar mucho la soltada, ya que una mala ejecución de este paso puede desviar la flecha de manera significativa hacia los laterales.

## Posición final

Si bien la soltada es el último paso que realiza el arquero para propulsar la flecha, el experto indica que la posición final es muy importante, ya que este gesto entrega información para la memoria muscular y musculatura específica, contribuyendo positivamente al desarrollo de la técnica.

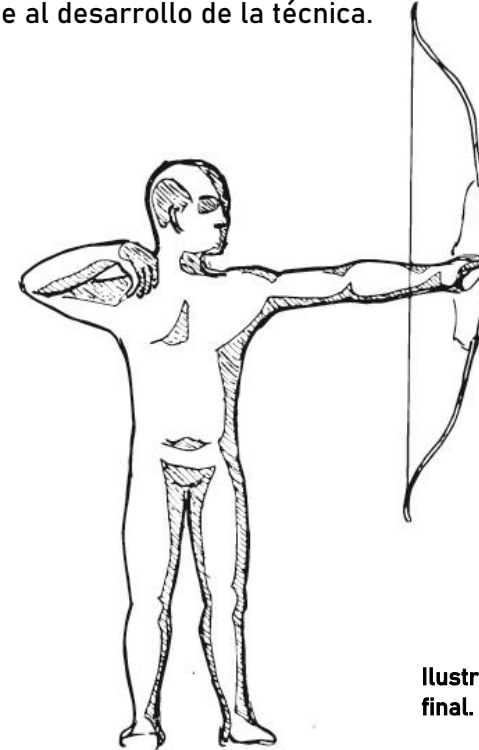


Ilustración 12 - Posición  
final. Elab. Propia

Esta posición consiste en mantener la postura luego de la soltada, concentrándose en el objetivo unos segundos.

## Conclusiones del capítulo “TÉCNICA DEL TIRO CON ARCO”

La investigación del área Anatómica y Biomecánica del tiro con arco, entregó herramientas que suelen utilizarse en la práctica de este deporte.

Por un lado, la DFL o Línea de esfuerzo de apertura, (Draw Force Line) definida en el libro “Anatomía y tiro con arco de R Axford, **permite evaluar la eficiencia de la técnica de un individuo**, al tomar como referencia **3 puntos definidos** del cuerpo humano: la mano de arco, la mano de cuerda y el codo de brazo de cuerda.

Por otro lado, el comité olímpico de tiro con arco australiano especifica **los grupos musculares que el cuerpo humano utiliza** para la ejecución de la técnica en su momento más crítico: el tensado y anclaje. La adopción de esta postura implica un **uso muscular importante** donde la ejecución debe tender a ser pulcra, es decir, sin sobre exigir músculos innecesariamente.

Estas dos variables, permiten evaluar la técnica del tiro con arco y el uso apropiado de su implemento primario más importante: el arco.

A demás, lo investigado con respecto a la memoria muscular del ser humano, indica la **importancia de la práctica sostenida en el tiempo**, donde el deportista no debe dejar pasar más de 72 horas entre un entrenamiento y otro, ya que a partir de este tiempo se pierde lo entrenado.

## EL ENTRENAMIENTO DEL TIRO CON ARCO

Durante la investigación se ha mencionado la importancia del entrenamiento en el tiro con arco. Sea cual sea la disciplina en que se entrene se realizan ejercicios físicos, que es cualquier actividad corporal que mantiene o mejora la condición física, salud y el bienestar de la persona (A Kylasov, 2011). Un entrenamiento de tiro con arco sostenido en el tiempo permite un desarrollo muscular apropiado para controlar el arco, y, en consecuencia, se obtienen mejores resultados.

En este capítulo se abordarán las siguientes interrogantes: ¿Qué es entrenar?, ¿Dónde se entrena?, ¿Cuándo se entrena? Y ¿Con qué se entrena? Cuyas respuestas fueron propiciadas por el experto en tiro con arco y entrenador con más de 10 años de experiencia Andrés Gonzales, quién representó a Chile en los Juegos Panamericanos de Guadalajara 2011.

### **¿Qué es entrenar?**

Según el experto, “entrenar, es una **sesión** acotada con **variables** definidas y una estructura que cumple **objetivos** claros.”

Se entiende **sesión** como el tiempo comprendido entre el inicio del entrenamiento, hasta el final del entrenamiento, que puede durar desde unos minutos a más de 6 horas en el caso del alto rendimiento, siendo posible más de una sesión por día. Esta sesión tiene una estructura que vela por el cumplimiento de uno o varios **objetivos** establecidos por el entrenador. Estos objetivos pueden ser: Cumplir con una cantidad de disparos, Aprender una técnica en específico, Aumentar en 5 metros la distancia de tiro, entre otros objetivos. A su vez, cada objetivo puede ser cumplido trabajando **variables** definidas que son las técnicas propias del deporte, como puede ser la distancia, volumen, intensidad, resistencia, etc.

Si se desea profundizar en el entrenamiento del tiro con arco, revisar el Anexo E

## ¿Con qué se entrena?

Existe una amplia gama de objetos que son utilizados para entrenar tiro con arco, estos se dividen en 2 grupos: los **Implementos Indispensables** y los **implementos complementarios**.

Los **implementos indispensables**, son todos aquellos implementos que, como su nombre lo dice, son necesarios para entrenar, y su carencia imposibilita el desarrollo de la actividad. Estos implementos son el arco, las flechas y la diana. A la vez, cada categoría de tiro con arco tiene implementos indispensables y obligatorios, por ejemplo, en tiro con arco recurvo olímpico es necesario contar con estabilizadores, la mira del arco, y la dactilera. Por otro lado, en el tiro con arco recurvo raso, es sólo indispensable contar con la dactilera, ya que esta protege los dedos que sostienen la cuerda de los esfuerzos que pueden generar lesiones en la piel y tendones.



Fotografía 12 - Arco recurvo, flechas y dactilera.

Los **implementos complementarios** son todos aquellos que contribuyen y ayudan al desarrollo del entrenamiento y del deporte. Estos implementos pueden ser dispositivos que trabajan variables específicas de la técnica, y también accesorios de personalización para el arco e indumentaria.

Entendiendo los implementos de entrenamiento, se opta por investigar los implementos complementarios que trabajan variables de la técnica del tiro con arco recurvo, donde se encuentran la categoría de Tiro con arco olímpico y Tiro con arco Raso, con el fin de encontrar una oportunidad de diseño que contribuya a la comunidad de arqueros y arqueras de Chile.



Fotografía 11 - Banda elástica, Dispositivo de entrenamiento y contrapesos.

## ESTADO DEL ARTE: DISPOSITIVOS DE ENTRENAMIENTO PARA TIRO CON ARCO CON ARCO

En el mercado actual nacional e internacional, es posible encontrar dispositivos de entrenamiento cuyo objetivo es mantener y ejercitar la musculatura específica y memoria motriz del deportista, así como entrenar uno o más aspectos de la técnica del tiro con arco.

La forma con que se opta analizar estos dispositivos es a través de un gráfico de barras, donde cada barra evalúa una variable en particular a través de apreciación perceptual.

Las variables que analiza el cuadro se dividen en 2 grupos. El primer grupo es la **Simulación de pasos técnicos y sus zonas de contacto**, donde sus variables son evaluadas de forma perceptual con una barra de un color asignado; mientras más grande la barra, mejor simula ese aspecto en específico el dispositivo. Por otro lado, el segundo grupo evalúa la **Simulación de uso muscular**, donde, también de forma perceptual, el uso de grupos musculares son evaluados con barras de un color asignado, utilizando la misma lógica que el grupo anterior; mientras más grande la barra, el grupo muscular específico evaluado se somete a una mejor simulación de cargas y movimientos.



Fotografía 13 - Dispositivo de entrenamiento

### Simulación de pasos técnicos y sus zonas de contacto

**Postura:** Nivel con que el dispositivo permite la adopción de la postura del tiro con arco.

**Brazo arco:** Nivel de simulación del dispositivo para el brazo de arco, en factores como la sensación del agarre (mano de arco), peso y manipulación.

**Tensado y anclaje:** Nivel de simulación del dispositivo para el gesto del tensado del arco y el agarre de la cuerda, en factores como la fuerza aplicada (libraje del arco) y sensación de la cuerda en los dedos.

**Soltada:** Nivel de simulación del dispositivo para el gesto de la soltada de la cuerda, tomando en cuenta factores sensitivos, técnicos, y fuerzas externas a la técnica.

### Simulación de uso muscular

**Brazo de arco:** Nivel de simulación para los músculos principales del brazo de arco: bíceps y tríceps

**Hombro de arco:** Nivel de simulación para los músculos principales utilizados en la zona del hombro: deltoides

**Espalda y hombro de cuerda:** Nivel de simulación para los músculos de la espalda y hombro de cuerda: dorsales, trapecio, deltoides.

**Efectividad Total:** Nivel de simulación general del dispositivo.

**Precio:** Precio en CLP (pesos chilenos), transformados desde la moneda original en el caso de productos internacionales, sin incluir gastos de envíos.

Para el caso de la línea de esfuerzo de apertura (DFL), todos los dispositivos de entrenamiento permiten que el arquero/a pueda alinear la mano de arco, mano de cuerda y codo de cuerda. Pues que el dispositivo permita la DFL es esencial para el entrenamiento, siendo un requerimiento básico para el dispositivo.

Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	██████████	██████████
	Brazo arco	██████████	██████████
	Tensado, anclaje y cuerda	██████████	██████████
	Soltada	██████████	██████████
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	██████████	██████████
	Hombro de arco	██████████	██████████
	Espalda y brazo de cuerda	██████████	██████████
	Total	██████████	██████████
	Precio	██████████	██████████

## Cuadros de Análisis

A continuación se presentan los cuadros de análisis del estado del arte

Banda elástica cerrada Cartel		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y hombro de cuerda	
	Total	
	Precio	2.000 CLP



**(recurvo)** La Banda elástica cerrada cartel, tiene el objetivo de calentar los músculos en la primera etapa del entrenamiento, y también para simular el gesto del tensado del arco, y si bien, es considerado como un implemento secundario de entrenamiento, no simula el agarre del grip del arco ni permite una soltada cómoda; Si se ejecuta la soltada, esta es explosiva y el material golpea la mano del brazo de arco.


Banda elástica y expansor de pecho de AliExpress		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y brazo de cuerda	
	Total	
	Precio	10.500 pesos



**(recurvo)** La banda elástica y expansor de pecho de AliExpress, tiene el objetivo de calentar los músculos y simular el gesto del tensado del arco, permitiendo ejercitar la musculatura específica, sin embargo, las zonas de contacto están acolchadas para un agarre suave, lo que impide una simulación correcta del grip del arco y de la cuerda en tensión. La soltada es explosiva y puede golpear el brazo de arco.


**(recurvo)** El ASTRA Archery Shot Trainer, también llamado “codera”, es un dispositivo que debe ser utilizado con el arco armado, por lo que por sí solo no simula la postura ni el brazo del arco, sin embargo, permite un aprendizaje del tensado y anclaje. Este se engancha a la cuerda del arco, pudiendo tensarlo y realizar el gesto de soltada de la cuerda, donde el mismo brazo frena la cuerda a través de este dispositivo. Sin embargo, la fuerza explosiva crea mucha distracción. Este dispositivo debe ser usado sólo por arqueros avanzados.

ASTRA archery shot trainer “Codera”		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y brazo de cuerda	
Total		
Precio	54.000 pesos	



**(compuesto)** El Saunders Firing Line, es un dispositivo diseñado sólo para arcos compuestos o de poleas, puesto que, para poder usarlo, es necesario un gatillo propio de esta categoría. Impidiendo que arqueros pertenecientes a las categorías de arco recurvo puedan entrenar con él. Este dispositivo trabaja el tensado del arco ejercitando la musculatura específica. Si bien el agarre tiene forma de grip de arco, las fuerzas no se distribuyen de manera homogénea en la estructura, generando torque en el brazo de arco.

Saunders Firing Line		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y brazo de cuerda	
Total		
Precio	121.000 pesos	



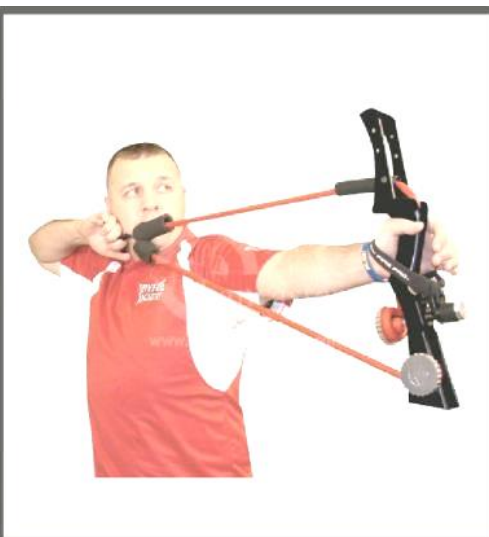


Accubow 1.0		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y brazo de cuerda	
	Total	
	Precio	113.500 pesos



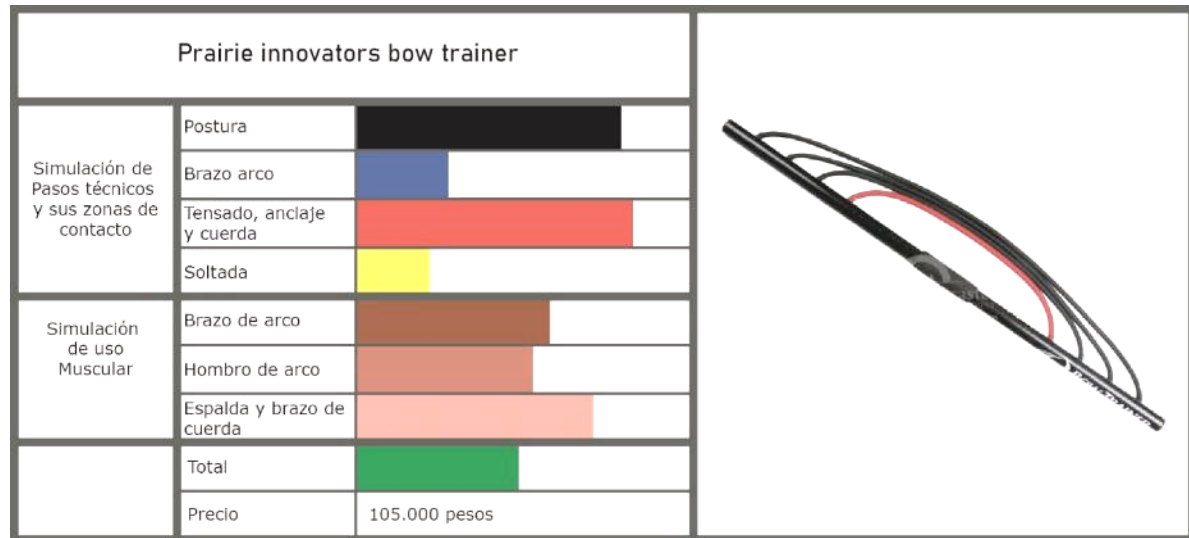
**(compuesto)** El Accubow 1.0 es un dispositivo diseñado para entrenar arco compuesto o de poleas, hace uso del gatillo de esta categoría impidiendo el entrenamiento para arqueros recurvos. Está diseñado para entrenar la musculatura específica al tensarlo repetidamente, y simula el agarre del brazo de arco de manera correcta, pues sus dimensiones y peso son similares a arcos compuestos reales.

Dry archery pro training device		
Simulación de Pasos técnicos y sus zonas de contacto	Postura	
	Brazo arco	
	Tensado, anclaje y cuerda	
	Soltada	
Simulación de uso Muscular	Brazo de arco	
	Hombro de arco	
	Espalda y brazo de cuerda	
	Total	
	Precio	96.000 pesos



**(compuesto)** El dispositivo “Dry Archery Pro Training Device” está diseñado sólo para entrenar la categoría de arco compuesto, debe usarse con gatillo. Este dispositivo simula correctamente el agarre del brazo de arco y el tensado, sin embargo la soltada es explosiva.

**(recurvo)** Prairie Innovators Bow Trainer es un dispositivo de entrenamiento para tiro con arco, trabaja la musculatura específica y memoria motriz correctamente, posee un sistema de bandas flexibles que, dependiendo de la cantidad que se usen, simula diferentes librajes. Sin embargo, el agarre del grip no corresponde al de un arco real y la soltada de las bandas golpea el brazo de arco.



**(recurvo)** La banda de entrenamiento de tiro con arco Milaem, Trabaja aspectos como la postura, el brazo de arco, y el tensado, ejercitando la musculatura específica y la memoria motriz del deportista, sin embargo, la soltada es explosiva y daña al usuario. Este dispositivo además simula el peso de un arco a través de una banda que se pisa con el pie delantero, pero su uso puede ser aparatoso.



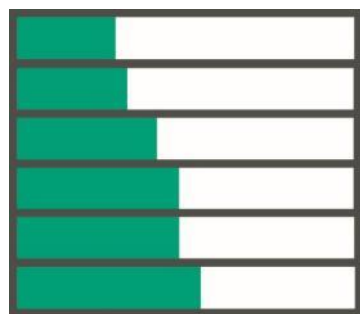
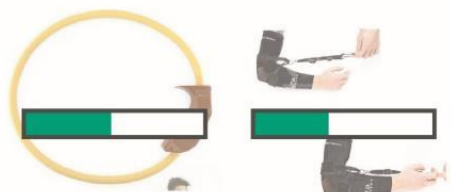
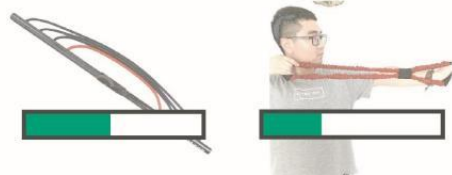
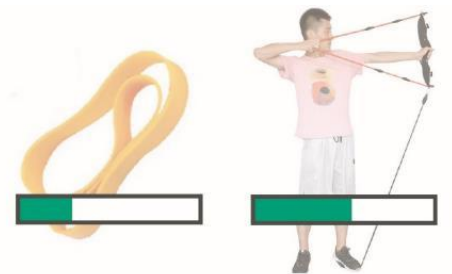
**(recurvo)** La banda elástica Decut trainer, simula el agarre de un grip de arco y el tensado de este, trabajando la musculatura específica y memoria motriz del deportista, sin embargo, no simula el peso de un arco ni el agarre y la soltada golpea la mano del brazo de arco.



Se procedió a revisar la información gráfica otorgada por este análisis del estado del arte para sacar conclusiones.

Se resume gráficamente todos los puntajes totales de todos los dispositivos en cuestión, con el fin de encontrar diferencias, patrones y datos útiles que contribuyan a tomar decisiones con respecto al dispositivo de entrenamiento de musculatura específica que se está desarrollando en este proyecto.

Puntajes totales de dispositivos que simulan el uso del arco recurvo



Puntajes totales de dispositivos que simulan el uso de un arco de poleas

Promedio final Recurvo



Promedio final Poleas



Se puede apreciar mediante la barra de efectividad total, que existe una amplia ventaja en los dispositivos de entrenamiento de la categoría de arco compuesto. Se infiere que hay un mayor estudio y profundización y tecnología en esta categoría.

## Conclusiones

De esta revisión y análisis del mercado actual, nacional e internacional de dispositivos de entrenamiento para tiro con arco, se concluye, por parte del autor de la actual investigación, que existe una diferencia importante en el desarrollo de los dispositivos de entrenamiento enfocados en la categoría de arco recurvo de lo enfocados en la categoría de arco de poleas.

La falta de desarrollo en los dispositivos de la categoría de arco recurvo se ve reflejada en:

- Bajos librajes para tensionar los elementos elásticos.
- Nula posibilidad de realizar una soltada sin tener consecuencias dolorosas al impactar el elástico con el brazo

Por otro lado, el estado del arte concluye además que la gran mayoría de los dispositivos analizados cumplen mínimamente con las variables evaluativas, pues, se infiere que, como dispositivos de entrenamiento, su función es permitir las manifestaciones motrices mínimas para simular parte de la técnica del tiro con arco.

## OPORTUNIDAD DE DISEÑO

El estudio de esta investigación fue abordado a través de las siguientes temáticas desde la perspectiva del tiro con arco:

- El usuario
- Variables Anatómicas y Biomecánicas del tiro con arco
- El entrenamiento del tiro con arco
- El mercado actual de dispositivos de entrenamiento de tiro con arco

El proyecto, naturalmente, se canaliza al desarrollo de un **dispositivo de entrenamiento para el tiro con arco**, el cual se presenta como una solución los problema identificados en las encuestas con respecto a la falta de entrenamiento general causada por la pandemia de Covid-19, y también de la carencia de un dispositivo en el mercado actual que cumpla apropiadamente con los 5 pasos de la técnica del tiro con arco.

## Requerimientos

El dispositivo debe cumplir con una serie de requerimientos que fueron resultado de la investigación.

- Permitir la ejercitación de la musculatura involucrada en el tiro con arco mediante su uso.
- Permitir una simulación de la biomecánica involucrada en el uso de un arco real
- Permitir una simulación sensitiva de un arco real en aspectos como el agarre.
- Permitir la evaluación por medio de la línea de esfuerzo de apertura (DFL).
- Tener un peso aproximado al peso promedio de un arco.
- Tener un precio que permita su fácil adquisición (costos de producción no elevados)
- Ser fácil de usar y de transportar.

## PROPUESTA CONCEPTUAL

La generación del dispositivo de ejercitación de musculatura específica para tiro con arco se rige mediante las variables utilizadas para evaluar el comportamiento de los dispositivos estudiados en el estado del arte de esta investigación. Los cuales son:

### **Simulación de pasos técnicos y sus zonas de contacto**

**Postura:** Nivel con que el dispositivo permite la adopción de la postura del tiro con arco.

**Brazo arco:** Nivel de simulación del dispositivo para el brazo de arco, en factores como la sensación del agarre (mano de arco), peso y manipulación.

**Tensado y anclaje:** Nivel de simulación del dispositivo para el gesto del tensado del arco y el agarre de la cuerda, en factores como la fuerza aplicada (libraje del arco) y sensación de la cuerda en los dedos.

**Soltada:** Nivel de simulación del dispositivo para el gesto de la soltada de la cuerda, tomando en cuenta factores sensitivos, técnicos, y fuerzas externas a la técnica.

### **Simulación de uso muscular**

**Brazo de arco:** Nivel de simulación para los músculos principales del brazo de arco: bíceps y tríceps

**Hombro de arco:** Nivel de simulación para los músculos principales utilizados en la zona del hombro: deltoides

**Espalda y hombro de cuerda:** Nivel de simulación para los músculos de la espalda y hombro de cuerda: dorsales, trapecio, deltoides.

## **Prototipos analítico-integrales: bocetos y sketches**

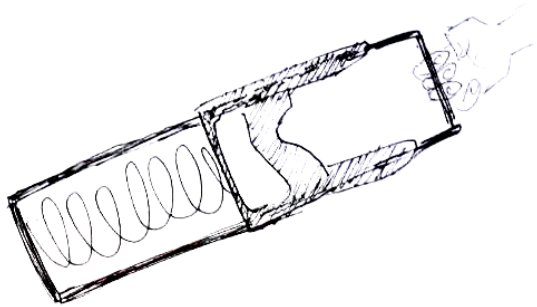
### Primeras ideas

La manera del autor para llegar a una propuesta conceptual es un Brainstorming de diferentes ideas para el dispositivo. Las propuestas fueron bocetos rápidos que muestran la configuración de cada uno. Estos, a su vez, buscan cumplir con los requerimientos y variables evaluativas.

Las Ideas fueron las siguientes:

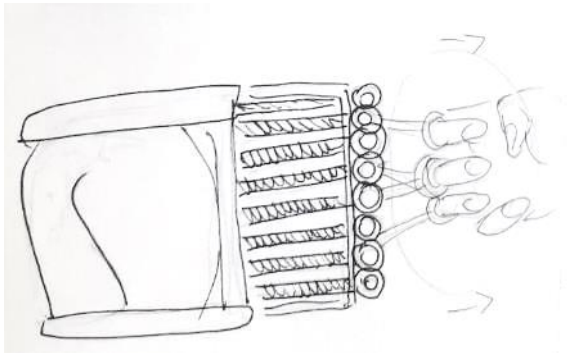
### Idea A

Dispositivo que simula el tensado del arco a través de la compresión de un resorte externo, La apertura y soltada están guiadas por rieles para mayor estabilidad en su uso.



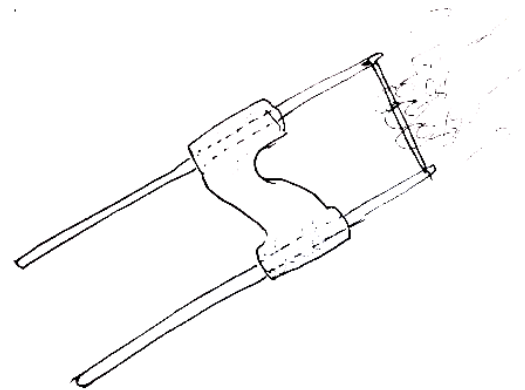
### Idea C

Dispositivo que simula la tensión del arco a través del estiramiento de múltiples resortes, con la posibilidad de configurar diferentes librajes dependiendo de cuántos resortes se estiren



### Idea B

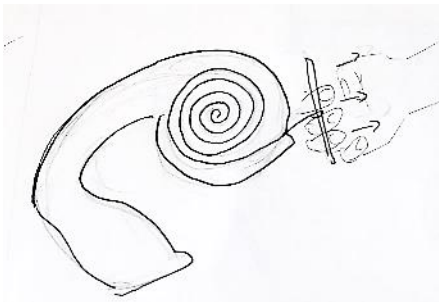
Dispositivo que simula la tensión del arco a través la compresión de resortes internos o algún otro mecanismo interno, La apertura y soltada están guiadas por rieles para mayor estabilidad en su uso.





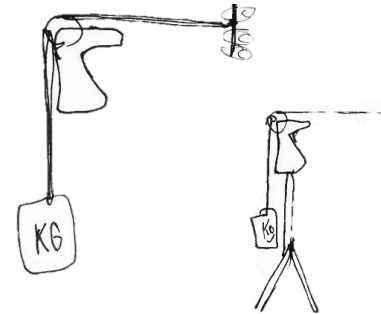
### Idea E

Dispositivo que simula la tensión del arco a través de un mecanismo de enrollamiento interno. Al jalar de la cuerda el mecanismo se activa generando una fuerza hacia el lado contrario del cual se jala.



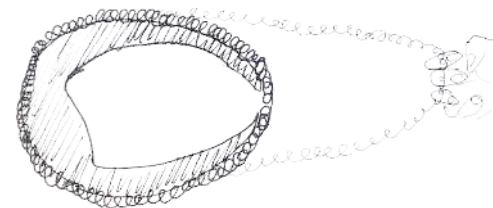
### Idea D

Dispositivo que simula la tensión del arco a través de un peso que es sostenido por una cuerda y re direccionado con una polea. Al jalar de la cuerda, se levanta el peso. Inclusión de un soporte para el dispositivo para poder sostenerlo.



### Idea F

Dispositivo que simula la tensión del arco través del estiramiento de tubos o bandas elásticas. Se incluye una estructura que frene el golpe del elástico en el brazo al simular la soltada de la cuerda.



## Criterio de selección

Los criterios para seleccionar sólo una de estas ideas, correspondió a la apreciación perceptual de las siguientes variables:

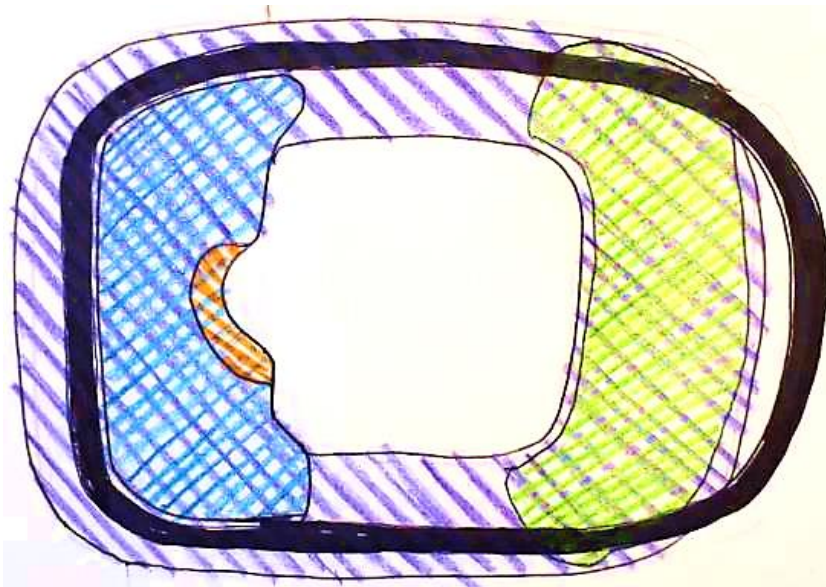
- Comodidad
- Constructibilidad

Se escoge la **Idea F**, la cual, de las propuestas realizadas, es la que mejor cumple con los requerimientos de la propuesta conceptual. Su configuración y mecánicas simples, a diferencia de las otras propuestas, esta entrega una mejor comodidad al usuario, y por otro lado, permite el proceso de fabricación más óptimo debido a sus pocos elementos.

Se realiza una profundización en el funcionamiento de la Idea F, con el fin de identificar las variables que serán desarrolladas en el posterior proceso de prototipado. La herramienta utilizada para comprender el funcionamiento del dispositivo fue un boceto simple aplicando un color distinto de manera achurada a cada parte importante del dispositivo. Cada parte del dispositivo cumple una función distinta al funcionamiento total del dispositivo.

Las variables identificadas para el dispositivo son presentadas en la siguiente página.

Las 5 variables de estudio



### ESTRUCTURA SÓLIDA

En esta pieza se concentra la mayor cantidad del peso del dispositivo, siendo de un material relativamente denso y firme, A su vez tiene la tarea de resistir la fuerza de flexión ocasionada por el accionar del dispositivo.

### CONTACTO MANO-ARCO "GRIP"

Zona incluida en la pieza "estructura sólida", esta zona tiene como función simular el agarre de un arco. Las características otorgadas a este "grip" son de la universalidad del agarre, buscando que diestros y zurdos con manos de todos los tamaños puedan manipularlo cómodamente para su cometido.

### CUERPO

La función principal de esta variable es entregar una estructura, sea interna o externa, que permita a las otras variables trabajar en conjunto para cumplir los objetivos del dispositivo, por otro lado, es una pieza que puede dotar de una carga estética importante.

### TENSIÓN - LIBRAJE

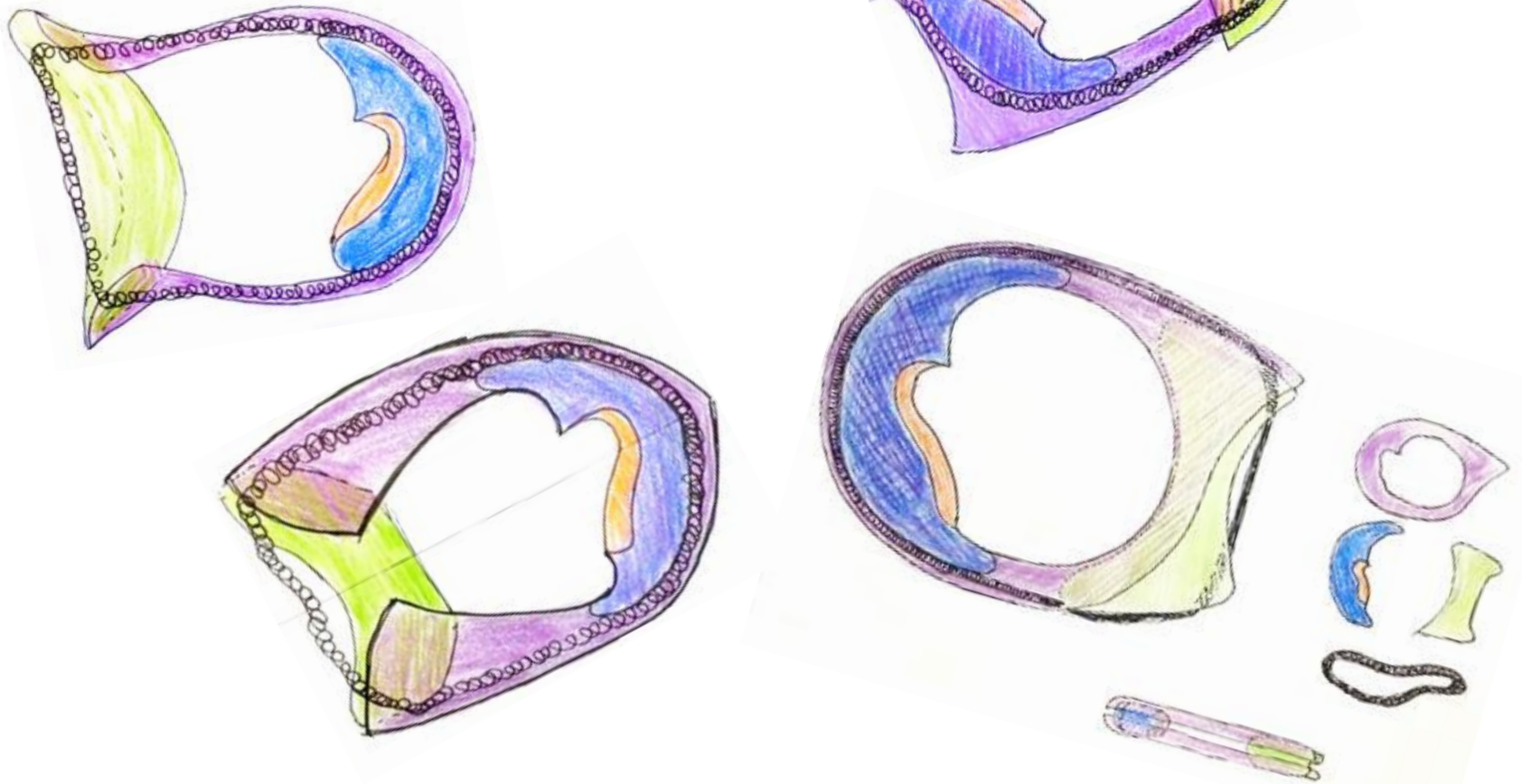
Material elástico que simula el libraje del arco, sistema ya utilizado en el mercado de los dispositivos de entrenamiento para tiro con arco. Su tensión es modificable a través de un sistema por desarrollar en los prototipos físicos integrales.

### ABSORCIÓN DE IMPACTO

Pieza de gran volumen y de baja densidad, cuya función es absorber el impacto del golpe producido al soltar el material elástico al momento de simular la soltada.

## Exploración del dispositivo

Una vez teniendo las variables del dispositivo, se proponen formas para el dispositivo a través de bocetos rápidos utilizando los colores representativos de cada variable. Estos bocetos tienen un carácter exploratorio y son parte de la metodología de prototipos analítico-integrales.



## PROTOTIPADO

En la propuesta conceptual se identifican las variables para estudiar por medio de prototipos específicos para cada función, en esta fase del proyecto, comienza la etapa de **prototipos físicos integrales** a través de iteraciones sucesivas, y **prototipo físico enfocado** para analizar y cuantificar el libraje de los tubos elásticos al ser sometidos a tensiones diferentes.

La etapa de estos prototipos tiene el objetivo de verificar el funcionamiento hipotético planteado en la propuesta conceptual, cuyas variables son:

**ESTRUCTURA INTERNA**

**CONTACTO MANO-ARCO "GRIP"**

**CUERPO - ESTÉTICA**

**TENSIÓN - LIBRAJE**

**ABSORCIÓN DE IMPACTO**

## **El Criterio del Prototipado: ¿Qué testear primero?**

En el estado del arte se vieron dispositivos que funcionaban con una pieza sólida que debía resistir a la flexión de fuerzas elevadas propiciadas por el usuario, así como también, hacían uso de bandas y tubos elásticos los cuales al jalar de ellos crean una resistencia que simula ser la tensión del arco al abrirse. Sin embargo, si el usuario desea soltar el tubo o banda elástica, esta impacta sin control alguno sobre el brazo de este.

La propuesta conceptual seleccionada incluye un freno para el golpe del material elástico, algo no visto en los dispositivos del mercado. Utilizando este criterio para la prioridad de los tests, es que se decide desarrollar primero el prototipo funcional de la variable **Absorción de Impacto**, encargado de analizar y comprobar el comportamiento de posibles materiales absorbentes, ya que, de no funcionar esta variable en particular, el dispositivo propuesto es inviable.

## Prototipos de función específica

Dado el volumen de información y factores que contempla el realizar prototipos, para esta investigación cada variables se ha dividido en: Objetivo, Prototipo, Testeo, Resultados y Conclusiones, siendo necesario en algunos casos, el Contexto.

### Absorción de impacto

#### *Objetivo*

Encontrar un material y una forma que responda a una de los requerimientos del dispositivo de entrenamiento, en este caso, que detenga efectivamente el golpe del material elástico que simula el libraje del arco y la soltada.

#### *Iteración 1*

##### Prototipo Absorción de impacto 1

La característica del dispositivo de absorción de impacto, se trabaja en un primer prototipo funcional del dispositivo fabricado con 2 piezas de MDF de 3 mm en los costados, y una pieza central de madera tallada en el espacio para la mano de arco para dar comodidad en las pruebas, estas piezas fueron posicionadas y prensadas con cola fría para madera, resultando un prototipo que recoge las características de la arquitectura de la propuesta conceptual, con el espacio para disponer el material absorbente y así realizar las pruebas.

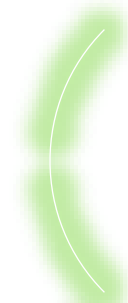




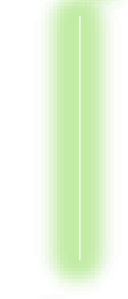
Como material absorbente, se escoge la espuma de poliuretano, conocida comúnmente como “esponja” para iniciar con las pruebas de absorción de impacto. Dado el contexto de carácter pandémico al inicio del proceso de prototipado, fue difícil obtener materiales de forma ágil y segura. Se optó, como primera instancia, el reciclaje e intervención de un colchón usado de espuma de poliuretano. El resultado de esta intervención, fueron bloques de esponja de un tamaño apto para ser intervenidos e instalarlos en el prototipo. La manera de intervenir las piezas de espuma fue realizando cortes con hojas de cuchillo cartonero.

Las formas propuestas para el estudio fueron las siguientes:

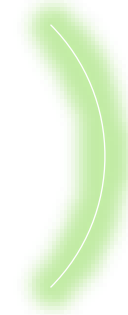
Forma cóncava



Forma plana

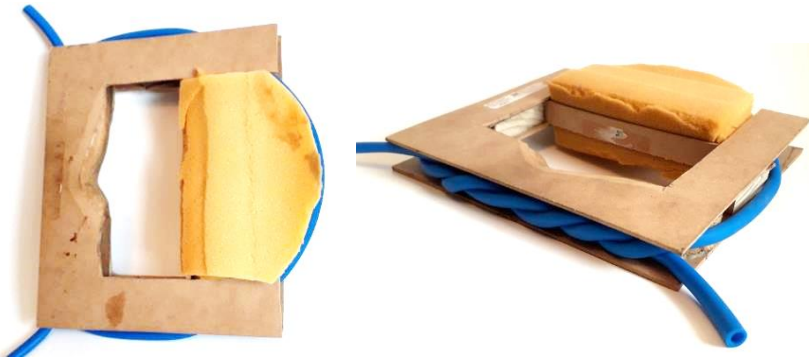


Forma convexa





Una vez que el prototipo de madera estuvo en condiciones de contener las piezas de espuma de poliuretano intervenidas, este está listo para estudiarlas mediante testeos. En conjunto al material elástico. (explicado más adelante en la investigación)



#### Testeo Absorción de impacto 1

Para el testeo, se idearon 3 formas básicas para estudiar: una forma plana, una forma convexa y una forma cóncava.

Entendiendo que estas superficies son distintas entre sí, se estimó que tengan comportamientos distintos al recibir el impacto del tubo elástico, por lo que son instaladas en el prototipo para analizar perceptualmente su comportamiento.

El testeo consiste en realizar 20 ejecuciones a cada forma. Una ejecución consiste en simular la técnica del tiro con arco, adoptando la postura y jalando del tubo elástico hasta la posición de anclaje, para luego soltar el tubo, el cual por su fuerza de tensión se contrae rápidamente, impactando en el material de absorción deteniéndose.





### Resultados Absorción de impacto 1

Luego de realizar 20 ejecuciones a cada una de las morfologías propuestas, es decir, un total de 60 ejecuciones se puede observar lo siguiente:



La forma plana tuvo un comportamiento estable en la prueba, sin embargo, comenzó a presentar problemas en las esquinas del material; pequeñas abolladuras, además de que los impactos propiciados generaban un ruido más fuerte del esperado en términos perceptuales.



La forma Cóncava presentó problemas desde un comienzo y fue descartada inmediatamente por dos factores: el ruido generado por el impacto fue mucho más fuerte de lo esperado. El otro factor, el cuál es el más importante, es que, sus esquinas pronunciadas fueron considerablemente dañadas, existiendo incluso desprendimiento del material absorbente.



Por último, La forma Convexa tuvo el mejor comportamiento de las formas observadas, teniendo una resistencia a los impactos destacadamente mayor que las otras dos; su superficie no mostró signos de desgaste ni abolladuras, mientras que, por otro lado, el ruido del impacto fue notablemente menor que en las otras pruebas.

Esta primera fase de prototipado permitió identificar la mejor forma base para el material absorbente, la cual está mejor preparada ante las condiciones del dispositivo de entrenamiento, las cuales son que resista el impacto y genere el menor ruido posible. La morfología seleccionada es la convexa



Una vez escogida la forma convexa como base del material de absorción, se procede a explorar y sacar todo el potencial de esta, testeando variaciones de esta en cuanto a tamaño, robustez, material, forma de la superficie de impacto, etc.

## *Iteración 2*

### Prototipo Absorción de impacto 2

Siguiente al Testeo 1, se adquiere espuma de poliuretano nueva de dos densidades (nombre según la empresa proveedora en la comuna de Cerro Navia, Santiago), estos son llamados espuma de poliuretano de densidad 18 y 21.

Si bien los resultados del testeo 1 indicaron que la mejor forma de las 3 estudiadas fue la convexa, se decidió repetir las prueba en la forma plana además de la convexa para la espuma de poliuretano de densidad 18 nueva. Se descarta repetir la prueba en la forma cóncava porque el daño fue evidente con desprendimiento de material absorbente.

Esta vez, para la espuma de densidad 18, se utilizó un nuevo material elástico, mejor adaptado para las pruebas (en el siguiente capítulo se analiza en detalle el material elástico).

### Testeo Absorción de impacto 2

Para la forma plana y convexa se realizaron 20 ejecuciones a cada una, 10 de ellas con sólo 1 unidad de material elástico en el prototipo, y otras 10 ejecuciones con 2 unidades, es decir, 40 ejecuciones en total. Estas fueron realizadas y documentadas en cámara lenta con el fin de mejorar la observación del comportamiento de las variables. Para estas pruebas, fue utilizado el mismo prototipo utilizado en el Testeo 1.



La primera forma en ser observada fue la plana. Esta, al igual que en el Testeo 1 fue dañada moderadamente por las pruebas del impacto de 1 unidad elástica, y, gravemente por las pruebas del impacto de 2 unidades elásticas. El daño fue ocasionado principalmente en las esquinas, propias de esta forma plana estudiada, pues estos puntos de menor superficie (las esquinas) son propensos a dañarse por los impactos del material elástico. El ruido generado por los impactos fue elevado.



La siguiente forma observada fue la convexa, con 1 y con 2 unidades elásticas en diferentes pruebas. La prueba con el impacto de 1 unidad elástica obtuvo excelentes resultados, pues el material absorbió como era de esperar el golpe y el sonido. La prueba con 2 elásticos, mostró una fuerza de impacto mucho mayor, se puede apreciar en el material absorbente, que la superficie cóncava se encontraba en muy buenas condiciones, sin embargo, en el lugar donde se une al resto del prototipo se pudo apreciar un leve desgaste por los impactos, esto por ser una zona con menor superficie, lo que rápidamente entrega nociones y posibles iteraciones al diseño del prototipo y cómo se instala a este el material absorbente. Hipotéticamente, una mayor superficie cóncava debería poder resistir los impactos sin puntos críticos que puedan desgastarse fácilmente.

Las formas estudiadas hasta ahora, se pueden considerar como básicas, es decir, se definen por una cara que puede tener sólo una curvatura (plana, convexa, cóncava). Sin embargo, estas morfologías simples, propiciaban que, en una frecuencia aproximada de 1 de cada 8, las unidades elásticas se “descarrilen”, es decir, luego de impactar en la superficie de impacto del material de absorción, el elástico se desacomodó y terminó fuera de la superficie que recibe el impacto. Se estipula que, por falta de firmeza entre el cuerpo y la espuma, la absorción del impacto se desviaba, desacomodando la espuma y haciendo que el tubo termine descansando donde no corresponde.

#### Resultados Absorción de impacto 2

Los resultados de esta etapa, indican que la espuma de Poliuretano de Densidad 18 tuvo un comportamiento mejor en todos los aspectos observados en el testeo 1 con la primera espuma estudiada. La inclusión de más de una unidad elástica permitió conocer y dimensionar las fuerzas que se asemejan más a un arco de alto libraje, lo que permite a su vez, entender los límites del dispositivo desde la perspectiva del material absorbente.

Además estos resultados son importantes para las siguientes pruebas de la Absorción de impacto, pues las formas básicas no cumplen con la totalidad de los requisitos, siendo necesaria iteraciones en la forma de la espuma y en la forma en que esta se instala en el dispositivo.

### *Iteración 3*

#### Prototipo Absorción de impacto 3



Antes de realizar grandes cambios en el prototipo en cuanto al cómo se unen este y la espuma, se decidió realizar mejoras a la forma cóncava. Originalmente, la pieza tallada se definía como una superficie cóncava, con material suficiente para absorber los impactos de un tubo elástico. Sin embargo, tras las pruebas de Absorción de impacto 1 y 2 se encontraron fallas funcionales para resolver

Se propone la inclusión de unas aletas laterales a lo largo de la superficie cóncava, con el fin de que estas puedan contener de mejor manera a las unidades elásticas antes y después de realizar una ejecución.

Tal como en las otras pruebas, se comienza tallando el bloque de espuma densidad 18 en una de forma cóncava, y luego de esto, se rebaja el centro de la superficie, resultando en una barrera firme a cada lado de esta.

### *Testeo Absorción de impacto 3*

En las imágenes se puede observar el momento exacto después de realizar una ejecución, y esta vez, el elástico queda mucho más contenido y posicionado. Luego de 20 ejecuciones, el comportamiento de los elásticos fue estable gracias a esta forma cóncava que incluye aletas laterales.



Sin embargo, el cuerpo del prototipo que contiene la espuma, hace que esta se dañe en los puntos de menor área; la espuma densidad 18 efectivamente se vio levemente afectada con desgaste en estas zonas luego de los testeos, lo que hace necesario en este un replantamiento de la manera en que el material absorbente se une al cuerpo del prototipo..

#### *Iteración 4*

##### Prototipo Absorción de impacto 4

Para esta iteración se utiliza un nuevo prototipo que ya incorpora las características del prototipo general. Se desarrolla una forma de esponja en poliuretano densidad 21. En este caso, se decide confeccionar una forma más robusta, con las mismas características de concavidad y acanalado efectivas en las pruebas anteriores. Para este prototipo, los bordes de la esponja son más anchos y robustos, esperando que absorban de mejor manera el impacto de los tubos elásticos en estos puntos. Además, la pieza de poliuretano se adhiere mecánicamente al cuerpo del prototipo, por medio de piezas de madera introducidas en este y en el cuerpo esponjoso.



##### Testeo Absorción de impacto 4

El testeo de esta pieza de poliuretano, consiste en realizar 10 ejecuciones de la técnica, con los tubos elásticos preparados en su máximo libraje (50 libras).



#### Resultados Absorción de impacto 4

El testeo fue un éxito. La esponja no presentó daños de importancia funcional ni estética.

Por otra parte, al ser una pieza de material más voluminosa y robusta que la probada en testeos anteriores, el sonido generado por el impacto de los tubos elásticos es menor, pero no despreciable.

La forma de la esponja está cerca de la comodidad óptima para el usuario, sólo hace falta disminuir su ancho total, para que este cuerpo no incomode al brazo de arco. Para solucionar este problema, se decide diseñarlo en el modelo digital. Sin embargo, a pesar de tocar el brazo de arco, no supone una falla en la ejecución de la técnica.

Se pudo observar además durante el testeo, que la fuerte tensión de los tubos elásticos deforma pasivamente la esponja mientras estén en tensión. Sin embargo, al quitar los tubos elásticos la esponja vuelve a su forma original, siendo un problema descartable para el correcto funcionamiento del dispositivo y correcta ejecución de la técnica. Esto puede solucionarse modificando el cuerpo del dispositivo, acondicionando su forma para contener la esponja.

#### *Conclusión Absorción de impacto*

La búsqueda de una forma, construida de un material absorbente, capaz de detener exitosamente el impacto de tubos elásticos hasta más de 50 libras de fuerza, fue un éxito.

Se concluye que las siguientes características son las que mejor resuelven las necesidades del prototipado:

- Poliuretano expandido densidad 21.
- Forma convexa.
- Superficie acanalada que contenga al tubo elástico.
- Robustez suficiente para absorber la fuerza y el ruido del impacto.
- Instalación al cuerpo por medio de un elemento que atraviese la estructura de esponja.

En consecuencia de este estudio, se contacta la empresa "Yolé", empresa líder en confección de espumas en diversos formatos y densidades, para ver la posibilidad de producir las esponjas del dispositivo de manera industrial, por medio de moldes.



## Tensión-Libraje

### *Objetivo Tensión-Libraje*

La etapa de prototipado llamada Tensión-Libraje, se enfoca en el estudio de materiales elásticos que simulan la tensión y fuerza de un arco al jalar la cuerda.

El objetivo de esta etapa de prototipado es seleccionar el material elástico ideal para el dispositivo, y posteriormente, mediante estudios al material seleccionado, crear un sistema configurable para modificar la fuerza de tensión o libraje. Por otra parte, evaluar la sensación y compararla con el agarre de cuerda.

### *Iteración 1*

#### Contexto Tensión-Libraje 1

Es importante saber que esta etapa de estudio de Tensión-Libraje se realizó en paralelo con la etapa de Absorción de impacto, progresando conjuntamente y retroalimentándose entre sí.

Para realizar las primeras pruebas, se opta por la utilización de un material elástico, delgado, largo y resistente, capaz de generar una fuerza de tensión en sí mismo al estirarse para luego volver a su largo original al dejar de estirarlo. Luego de una búsqueda por internet, se encontraron en el mercado 3 posibles materiales que pueden definirse como largos, delgados, elásticos, y resistentes, resistencia estandarizada (colores)



Fotografía 16 - Barra elástica

Fotografía 14 - Tubo elástico

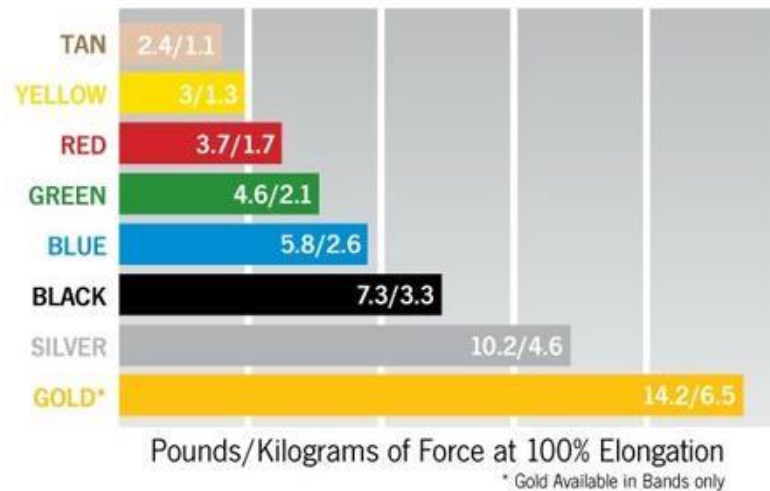


Fotografía 15 - Banda elástica

Todos estos materiales cumplen con el comportamiento necesario para simular la apertura del arco en el dispositivo. Sin embargo, el material que más se acomoda a la estructura del dispositivo y cuya forma más se adapta al agarre de los dedos es el Tubo elástico. Su forma redonda, agarre cómodo, fácil configuración y resistencia a la tensión, es ideal para el desarrollo del dispositivo de entrenamiento para tiro con arco.

En el mercado los tubos elásticos se comercializan en rollos de 30 metros, o, por metro en tiendas dedicadas a implementos de kinesiología y gimnasia. Los hay de varios colores, y éstos definen la resistencia del tubo.

## Thera-Band® Resistance Levels



### Prototipo Tensión-Libraje 1

En una fase inicial de la etapa de prototipado de Tensión-Fuerza, se adquirieron 2 tubos elásticos azules de 1,5 metros de largo cada uno.



Por ahora, la manera de fijar el tubo elástico al prototipo es con un simple trenzado doble de éste sobre sí mismo, como aparece en la imagen

### Testeo Tensión-Libraje 1

Como Primera instancia, se realizan pruebas de apreciación, es decir, probar el comportamiento desde un punto de vista cualitativo. Las condiciones del prototipo en este punto de la investigación, entregan la rudimentaria posibilidad de realizar la técnica del tiro con arco con todos sus pasos: Postura, brazo de arco, Tensado y anclaje, Soltada, y finalmente la Posición final; Por lo que se realizan ejecuciones de la técnica, tomando el prototipo con el brazo de arco, y jalando del tubo elástico como si fuese la cuerda del arco.

Se comenzó probando el dispositivo con sólo 1 tubo elástico azul de resistencia alta, la prueba consistió en 20 repeticiones de la técnica del tiro con arco, seguido de otras 2 series de 20 repeticiones con el mismo tubo elástico pero diferente configuración en el material absorbente.





#### Resultados Tensión-Libraje 1

En las primeras 20 ejecuciones, el tubo ofreció una resistencia mínima, similar a arcos para niños, pero, sin dudas, estas primeras pruebas comprobaron el funcionamiento esperado del tubo elástico como material efectivo para este dispositivo.

#### *Iteración 2*

##### Prototipo Tensión-Libraje 2

Finalizando las pruebas con 1 tubo elástico, se modifica el prototipo incluyendo otro tubo elástico más en la configuración, siendo necesario ahora jalar de los 2 tubos elásticos para las pruebas.

#### Testeo Tensión- Libraje 2

Tal como en el testeo 1.0 se realizaron 3 series de 20 repeticiones, esta vez jalando de los dos tubos elásticos.

##### Resultados Tensión- Libraje 2

Como se esperaba; usar 2 tubos elásticos para la apertura en el dispositivo, supone para el usuario aplicar más fuerza que con 1 sólo tubo. La sensación al jalar los elásticos es acorde a la apertura de un arco real, además de poder ejecutar la soltada sin problemas, pues la sensación de agarre es similar a jalar la cuerda del arco con una dactilera gruesa.

Esta lógica de tubos sumativos, abre la puerta a desarrollar un sistema de regulación de libraje, para que el dispositivo ofrezca distintas resistencias a la apertura, esto por la diversidad que existe entre las y los arqueros en cuanto al libraje del arco.

### Iteración 3

#### Objetivo Tensión-Libraje 3

El objetivo de esta iteración es plantear y comprobar un sistema de libraje modificable para el dispositivo mediante el uso del tubo elástico como material resistente a la tensión, y el uso de instrumentación para medir las fuerzas. Esta etapa de la investigación corresponde a la metodología de Prototipo físico enfocado.

#### Contexto Tensión-Libraje 3

Para la iteración 2 se toma en consideración lo siguiente:

- El libraje de un arco se mide a la **distancia nominal de 28 pulgadas**, es decir, desde el punto de agarre de mano de arco, hasta el punto de anclaje.
- El libraje de un arco recurvo (fuerza requerida para tensarlo) va desde las 14 libras a las 50 libras como máximo, esto indica que existe una **amplia gama de librajes** en los arcos.
- El tubo elástico en esta iteración puede tener 2 estados principales: **Activo** y **Pasivo**. El estado **activo** quiere decir que el tubo elástico se encuentra tensado a "X" libras. El estado **pasivo** quiere decir que el tubo elástico se encuentra sin tensar.

#### Prototipo Tensión- Libraje 3

A diferencia de la prueba del prototipo anterior, donde un **arquero** realizaba la fuerza necesaria para tensar el tubo elástico, la fuerza ahora utilizada es la **gravedad**, añadiendo peso definido al tubo elástico, estirándose este hasta la distancia nominal de 28 pulgadas.

A continuación, se representa el prototipo a través de esquemas ilustrativos a modo de ejemplificación:

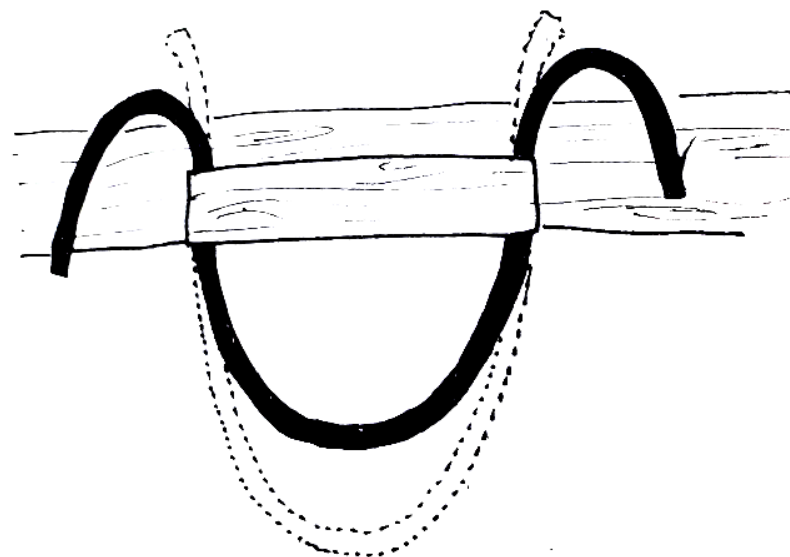
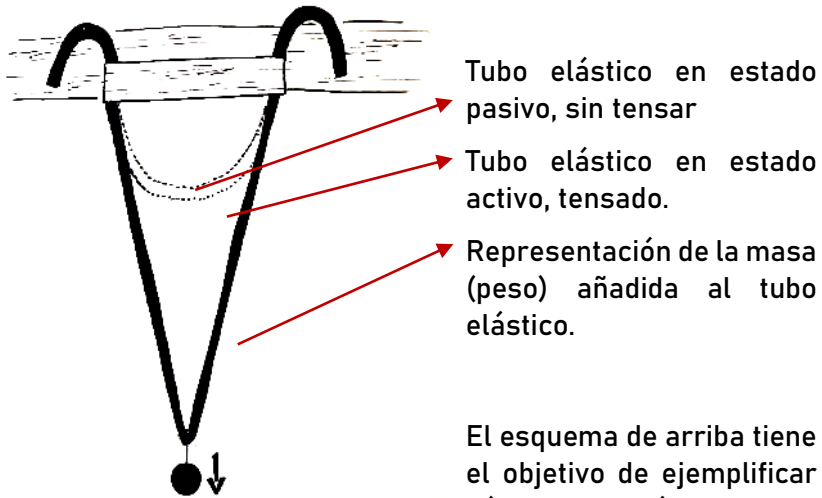


Ilustración 13 - Esquema de prototipo físico enfocado. Elab. Propia



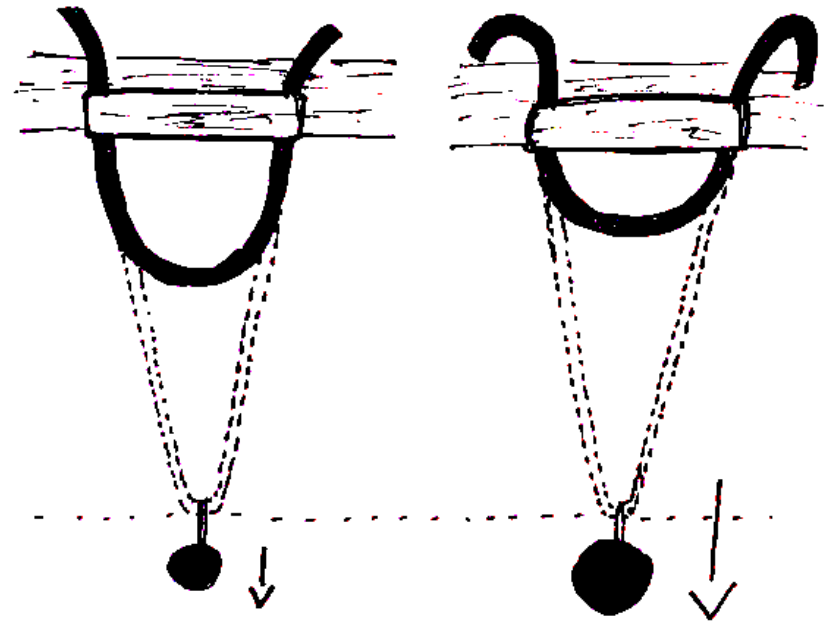
Tubo elástico en estado pasivo, sin tensar

Tubo elástico en estado activo, tensado.

Representación de la masa (peso) añadida al tubo elástico.

El esquema de arriba tiene el objetivo de ejemplificar cómo afectaría el peso añadido al prototipo, dando a entender que el largo del tubo elástico varía al tensarse (estado **activo**), sin embargo, al quitar el peso, este vuelve a su largo normal (estado **pasivo**)

Por otro lado, el esquema de abajo tiene el objetivo de dar a entender, que, dependiendo del largo del tubo elástico en estado pasivo, este requerirá diferentes fuerzas para estirarlo a una distancia específica. En este caso, el tubo debe estirarse hasta las 28 pulgadas desde el borde de la madera en el punto medio entre los puntos de presión del tubo, que corresponde a la distancia nominal de apertura del arco



Los materiales utilizados para fabricar el prototipo físico enfocado son los siguientes:

- 2 tubos elásticos negros de 110 centímetros cada uno, con medidas marcadas.
- Viga de madera donde instalar el prototipo.
- Madera de 25x4x6 centímetros que sirve como tapa para presionar los tubos elásticos
- Balanza digital colgante para corroborar el peso añadido.
- Contenedor (bolsa de género) para añadir el peso
- 100 globos rellenos de arena, de ½ libra cada uno, 50 libras en total (máximo libraje en arcos recurvos).

Para realizar estas pruebas, se optó por llenar globos con arena. Cada globo puede rellenarse con media libra de peso, es decir, 227 gramos en total, por lo que dos globos rellenos son 1 libra.

Al necesitar 50 libras de peso, lo cual corresponde al máximo utilizado en el tiro con arco recurvo, es necesario rellenar un total de 100 globos para completar ese peso.



En la imagen, se aprecia el prototipo ya instalado, con peso añadido y en tensión.



Sistema de apriete para los tubos elásticos entre la viga y el trozo de madera.

Tubo elástico estirado, ejerciendo tensión a 28 pulgadas, las que son evidenciadas gracias a una varilla adherida de forma perpendicular a la viga.

Balanza colgante, la cual indica el peso exacto añadido.

Bolsa de género resistente, la cual actúa como contenedor de los globos rellenos de arena.

### Testeo Tensión- Libraje 3

Este testeo en particular se divide en 2 fases, la primera consiste en realizar pruebas con **1 tubo elástico** negro, y la segunda con **2 tubos elásticos** trabajando simultáneamente. Se planteó la hipótesis de que hasta 2 tubos elásticos bastarían para cubrir toda la gama de librajes de arcos utilizados en el tiro con arco categoría recurvo.

Las pruebas realizadas consistieron en observar el comportamiento del tubo elástico sometido a fuerzas, y también, registrar el libraje correspondiente a las 28 pulgadas de apertura del tubo elástico al colgar en él los pesos añadidos (globos rellenos de arena), variando el largo pasivo de este en cada prueba, desde 80 centímetros a 40 centímetros en intervalos de 5 centímetros de distancia.

El método utilizado en el testeo, fue registrar el libraje (peso en libras de los globos de arena) en cada modificación del largo pasivo del tubo elástico. En teoría, al disminuir el largo pasivo, es necesaria más fuerza para tensar el tubo elástico. Al acortar la distancia en intervalos de 5 centímetros se espera que el libraje aumente. A continuación, se muestran las tablas correspondientes a la cantidad de tubos utilizados (1 y 2) utilizadas para registrar los datos del testeo.



### Método de testeo

A continuación se define el método de testeo para 1 ciclo de prueba. 1 ciclo permite conocer la fuerza de libraje para sólo 1 largo pasivo de 1 o de 2 tubos elásticos.

- Se instala por medio del sistema de presión el o los tubos elásticos a un largo pasivo definido, junto al resto de elementos los cuales son la pesa colgante y la bolsa vacía.
- Se introducen 1 por 1 los globos rellenos en la bolsa hasta que el tubo elástico llegue a 28 pulgadas de apertura desde la viga.
- Se registra el peso de los globos involucrados en libras.
- Se repite el proceso variando el largo pasivo del o de los tubos elásticos, terminando 1 ciclo de prueba.

Los datos son registrados en los cuadros de la derecha, para obtener estos datos, se necesitaron realizar 18 ciclos en total.

### Resultados Tensión-Libraje 3

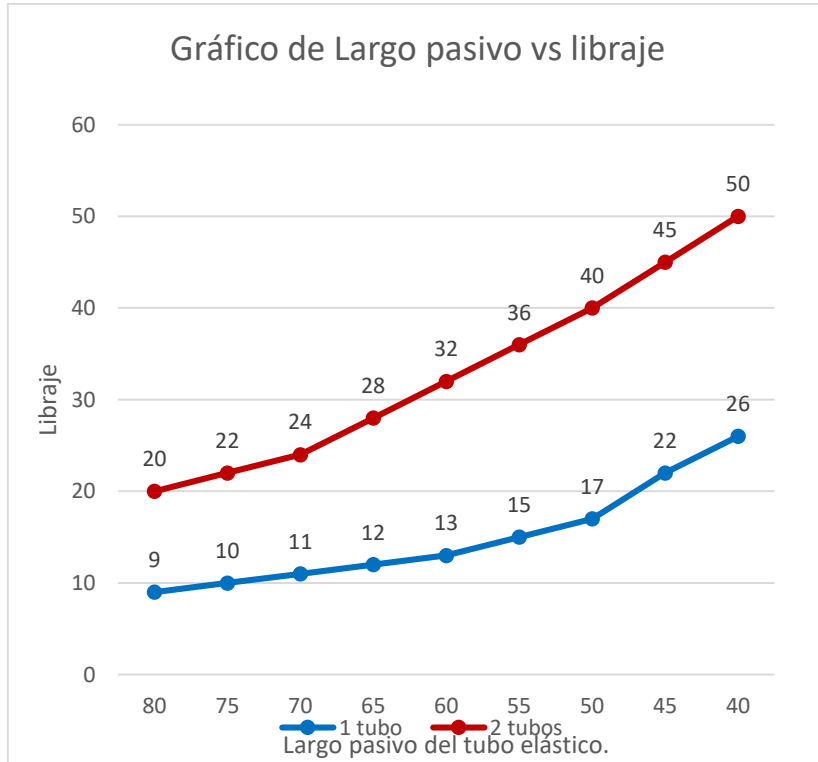
Cuadro 1. Libraje registrado al estirar 1 tubo elástico

Largo pasivo de 1 tubo	Libras a 28 pulgadas
80cms	9
75cms	10
70cms	11
65cms	12
60cms	13
55cms	15
50cms	17
45cms	22
40cms	26

Cuadro 2. Libraje registrado al estirar 2 tubos elásticos

Largo pasivo de 2 tubos	Libras a 28 pulgadas
80cms	20
75cms	22
70cms	24
65cms	28
60cms	32
55cms	36
50cms	40
45cms	45
40cms	50

A continuación, se presenta la información recogida en un gráfico, demostrando las curvas generadas a partir del libraje vs largo pasivo.



Este gráfico evidencia el comportamiento de la fuerza necesaria para estirar los tubos elásticos. En el caso de 1 tubo elástico, el libraje va desde las 9 a las 26 libras, en una tenue curva ascendente. En el caso de los 2 tubos elásticos, el libraje va desde las 20 libras a las 50 libras, en una curva aún más tenue.

#### *Conclusiones Tensión-Libraje*

Al interpretar los resultados, se concluye que son necesarios hasta 2 tubos elásticos, dependiendo de su configuración, son aptos para simular el libraje de un arco al tensarlo. El rango de libras estudiadas, es decir, desde las 9 libras hasta las 50 libras, corresponden y contienen a toda la gama de librajes utilizadas en el tiro con arco de categoría recurvo.

- Son necesarios desde 1 hasta 2 tubos elásticos negros para cumplir con rango de librajes utilizados en el tiro con arco de categoría recurvo.
- El tubo elástico es un material apto para simular el tensado de un arco.

## Estructura Sólida

### *Objetivo*

Recordando la arquitectura del dispositivo, este consta de una estructura sólida, cuya función en el producto final es dotar de masa a este para simular el peso promedio de un arco recurvo, pero, por sobre todo, la función principal es darle resistencia, pues, es esta pieza la que en teoría resiste casi toda fuerza de tensión del tubo elástico al ser estirado, y debe permanecer estable.

El objetivo principal de esta etapa del prototipado es diseñar la estructura interna del dispositivo, logrando una **forma sólida**, de **fácil construcción**, **consecuente** con el dispositivo, capaz de **resistir las 50 libras** de tensión máxima que los tubos elásticos pueden ofrecer.

El objetivo secundario, es diseñar e incluir en esta estructura interna, un sistema para que los tubos elásticos se instalen firmemente y **no varíen su largo pasivo** al ser estirados con el uso, llamado **sistema de sujeción de tubos elásticos**. Esto nace de la relación entre la estructura interna, y Los tubos elásticos.

Iteración 1

### *Contexto 1*

Para desarrollar este prototipo, se debieron tomar decisiones importantes con respecto al tiempo y el presupuesto disponible. A pesar de que se espera que esta estructura interna sea de un material pesado y resistente, como por ejemplo un metal ligero; en su momento no se contó con el tiempo ni el presupuesto para desarrollar un prototipo con estas características, sin embargo, se utiliza un material reemplazante con las características necesarias para poder

testear: la **forma**, su **comportamiento ante las fuerzas** y el **método de sujeción** de los tubos elásticos. Es por esta razón que la variable del **“simulación de peso de un arco promedio” no es una característica que el prototipo contempla en su estudio.**

### *Prototipos*

El material escogido para realizar el prototipo es el **terciado estructural**, pues, su estructura de fibras multidireccionales, resistencia y mecanización son óptimas para desarrollar un prototipo que cumpla con los requerimientos y objetivos.

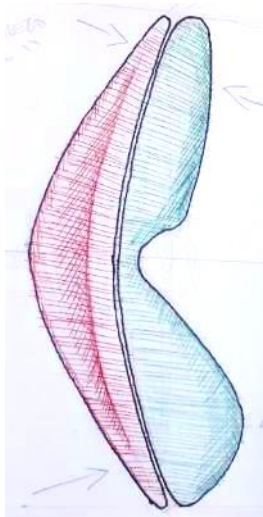
Se propone una cantidad de 6 diferentes prototipos, todos con la misma función, pero diferente forma y configuración. Estas propuestas funcionan en la teoría. 3 de estas son construidas para ser sometidas a testeos.

De las 6 ideas propuestas en total, cada una es evaluada perceptualmente en 3 variables, las cuales son:

- Constructibilidad: Factibilidad del prototipo a ser construido.
- Seguridad: Percepción de la seguridad que entrega el prototipo al ser usado.
- Funcionalidad: Capacidad del prototipo de responder y cumplir las funciones solicitadas.

A continuación se presentan y evalúan las 6 propuestas por medio de bocetos:

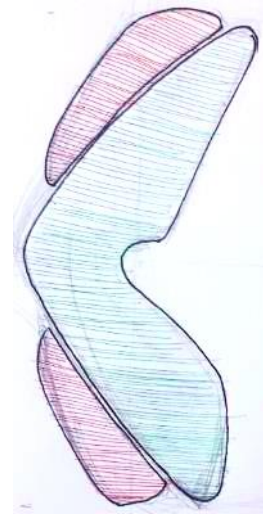




**Propuesta 1**

Esta propuesta consta de 2 piezas principales. Ambas con funciones diferentes. En este caso, la pieza achurada en rojo cumple 2 funciones: dar resistencia a la flexión generada por la tensión de los tubos elásticos, y dar peso al dispositivo. También forma parte del sistema de sujeción para los tubos elásticos. Por otro lado, la pieza achurada en celeste otorga al dispositivo un agarre ergonómico y peso. También forma parte del sistema de sujeción de tubos elásticos.

**PROPUESTA 1**



**Propuesta 2**

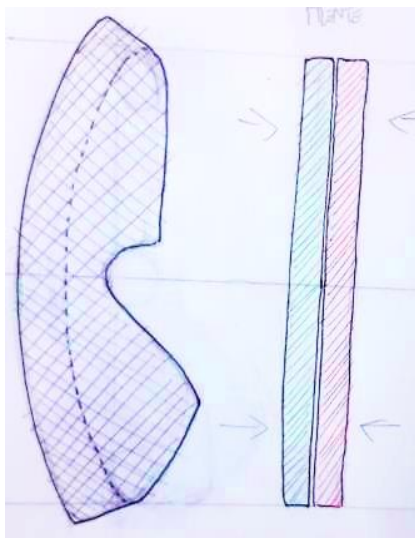
Esta forma consta de 3 partes que trabajan en conjunto.

La pieza achurada en celeste es el cuerpo central el cual cumple la función de otorgar resistencia a la flexión y peso al dispositivo, además de poseer un agarre ergonómico para el arquero.

Por otro lado, Las 2 piezas achuradas en rojo tienen la función principal de sujetar a presión los tubos elásticos, además de otorgar más peso al dispositivo.

**PROPUESTA 2**

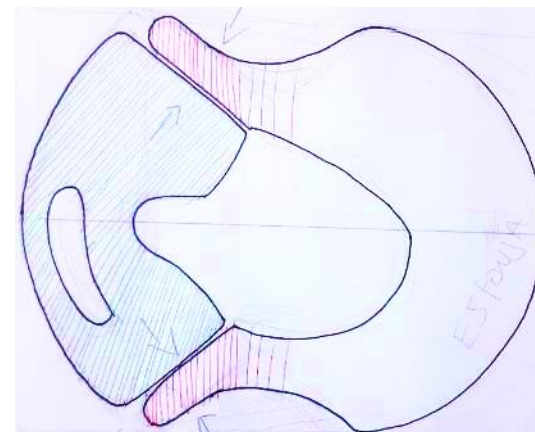




### Propuesta 3

A diferencia de las 2 propuestas anteriores, las 2 piezas de este prototipo están separadas por un corte transversal, cuyo borde se ve desde otro extremo.

Estas piezas son producto del reflejo de cada una y al juntar sus caras iguales sujetan los tubos elásticos. Estas piezas al trabajar en conjunto, cumplen todas las funciones de la estructura interna.



### Propuesta 4

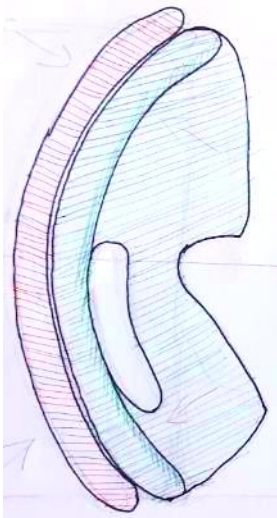
Esta propuesta es más compleja que las anteriores. En esta se plantea que la pieza achurada en rojo es la que sujeta los tubos elásticos a presión, y además, es la que contiene el sistema de absorción de impacto. Por otro lado, la pieza achurada en celeste, es la que otorga estructura y resistencia a la flexión, y la que contiene el agarre ergonómico.

### PROPUESTA 3



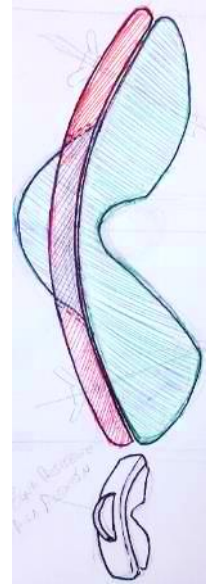
### PROPUESTA 4





**Propuesta 5**

En esta propuesta se plantea una pieza (achurada en rojo) que funciona como una tapa que aprieta los tubos elásticos, además de funcionar como estructura resistente a la flexión. Por otro lado, la pieza achurada en celeste, otorga una resistente estructura al dispositivo, además de incorporar el agarre ergonómico más cómodo hasta ahora.



**Propuesta 6**

Esta propuesta es un intento de estilizar la propuesta 5, ajustando la pieza achurada en verde para que se inserte a través de la pieza achurada en rojo.

**PROPUESTA 5**

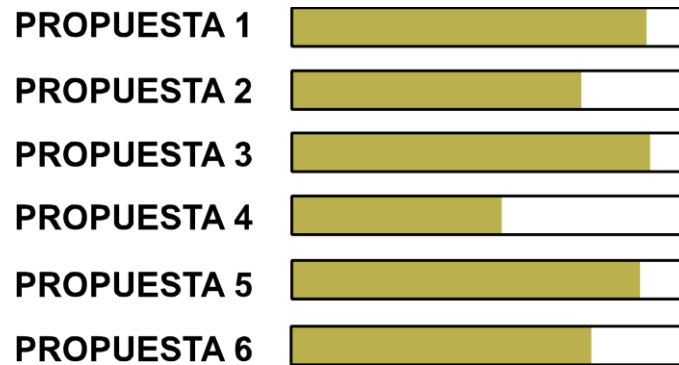


**PROPUESTA 6**

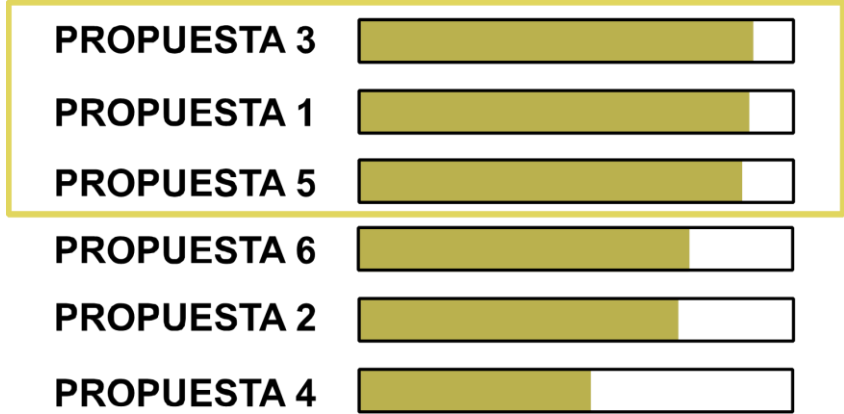


Evaluación final de las 6 propuestas:

Se observa variabilidad en los resultados finales de cada propuesta, La evaluación final corresponde al promedio de su Constructibilidad, Seguridad y Funcionalidad.



Si se ordenan las evaluaciones finales de cada propuesta, se obtiene que las mejores evaluadas son la propuesta 1, 3 y 5. Se escogen estas 3 propuestas para su construcción en terciado estructural, y, para su posterior estudio y testeos.



Para proceder a la construcción de los 3 prototipos seleccionados según la evaluación, se utiliza una sierra de banco, router manual, y los moldes impresos en escala 1:1.

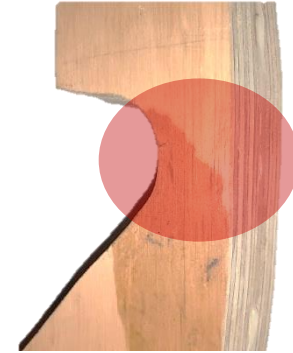


### Fabricación de Prototipo 1

Dibujo digital de la silueta del prototipo 1, este se imprime como planos constructivos para utilizarlo como guía en la construcción del prototipo 1.



Las piezas cortadas en terciado, evidencian un fallo ergo-estructural que impide seguir desarrollando el prototipo 1. El fallo consiste en que la zona de caras internas que sujetan a los tubos elásticos se encuentra muy cerca del agarre del dispositivo, si bien en la teoría del dibujo tenía cierta constructividad, al momento de fabricarlo se evidencia la incomodidad y poca fiabilidad en cuanto a la seguridad estructural del dispositivo.

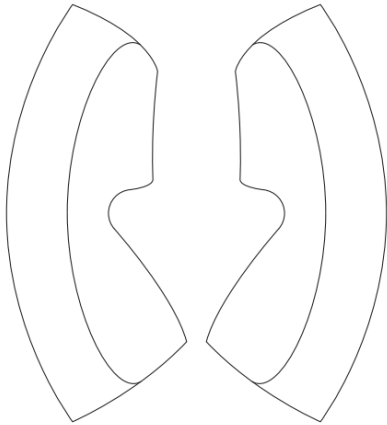


Fotografía 17 - Falla estructural



Fotografía 18 - Falla ergonómica

## Fabricación de Prototipo 2



Dibujo digital de la silueta del prototipo 2.

Estas 2 caras son un reflejo de cada una, por lo que al construirlas resultan en 2 cuerpos reflejados que pueden juntarse compartiendo una de sus caras planas, presionando y sujetando los tubos elásticos entre sí.

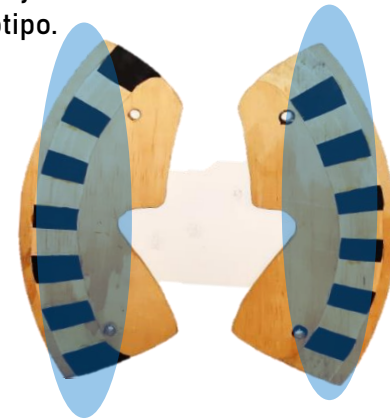
En la imagen de abajo se pueden apreciar las 2 piezas del prototipo ya cortadas, con un canal hecho con una router manual, para contener los tubos elásticos.



Se decide utilizar dos hilos para tuerca atravesado en la estructura de cara a cara para utilizarlo como método de apriete para sujetar los tubos elásticos por medio de tuercas mariposa

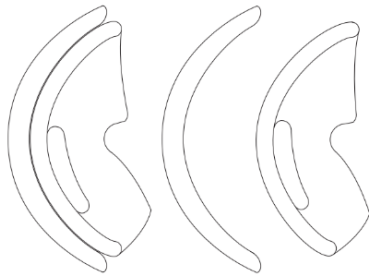


Para una mayor sujeción, y un mayor cuidado de los tubos elásticos, se decide utilizar un recubrimiento interno de un material blando pero resistente, parecido al del tubo elástico. En este caso, se utiliza el material de una cámara de bicicleta, cuyas propiedades y accesibilidad a ella la hacen un material ideal para el prototipo.





### Fabricación de Prototipo 3



Dibujo digital del prototipo 3.

Este prototipo consta de 2 piezas principales, 1 pieza para tomarlo cómodamente, y otra encargada



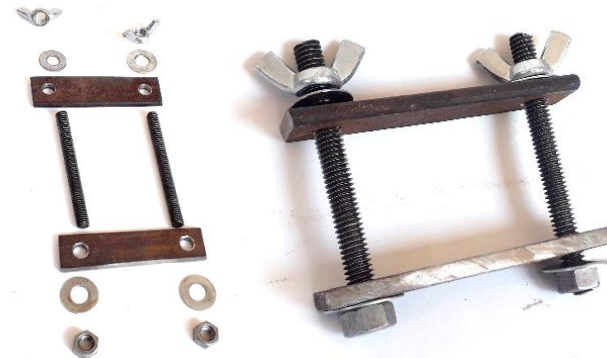
de presionar los tubos elásticos.

En esta imagen se puede ver el prototipo en proceso de construcción. Las 2 piezas ya cortadas en terciado estructural, y una de estas, está siendo trabajada con la router manual para rebajar el material excedente de una de las caras. Esto se realiza a las 2 piezas de manera simétrica.



Aquí ya se puede apreciar el prototipo en su mayoría, con la perforación para los dedos de la mano, además de un borde redondeado para el agarre con la mano de arco. Lo siguiente es buscar una manera de presionar las 2 piezas para sujetar los tubos elásticos.

La solución para ejercer presión es un sistema de hilos de 8mm de diámetro y barras metálicas, que se regula por medio de las llamadas "mariposas", piezas metálicas con aletas firmes para ser rotadas en el hilo, apretando las 2 piezas, como se ve en la imagen. Esta solución no es necesariamente la final, es sólo para probar la forma y funcionamiento del dispositivo en general.



## Sujeción de tubos elásticos

Durante el desarrollo del dispositivo a través de la fabricación y testeos de los prototipos, nace una nueva variable al relacionar el prototipo de Tensión-Libraje y Estructura interna: **La sujeción de los tubos elásticos**. Si bien ya se pensaba que presionar los tubos elásticos sería el método a utilizar, es en este punto del desarrollo del prototipo donde se busca una superficie adecuada que tenga contacto con los tubos elásticos sin que estos se dañen.

Durante el testeo de Tensión-Libraje, se utilizaron los tubos elásticos presionados fuertemente entre 2 maderas con forma de paralelepípedo. El material de los tubos elásticos, luego de haber estado horas en alta presión, resultó dañado, perdiendo su estructura original, y resultando fácilmente rompible. Esto indica que, si bien la presión resultó efectiva en un corto lapso de tiempo, las características de superficies dura como la madera en tiempos prolongado no son buenos para el cuidado del tubo elástico.



Se propone recubrir la superficie interna de la zona de presión de la estructura sólida con un material de propiedades parecidas al tubo elástico, esto aumentaría el roce y mantendría los tubos elásticos a salvo ante altas presiones.

El material escogido para el recubrimiento interno del prototipo fue el **caucho butílico**, reciclado de una cámara de bicicleta reciclada cuya materialidad la hace ideal para sujetar

los tubos elásticos sin dañarlos a altas presiones, y además, presenta alto roce al contacto con el tubo elástico. Desde la cámara de bicicleta, fueron cortados rectángulos con un tamaño equivalente al área de las superficies internas y adheridas con adhesivo de contacto Agorex. Esta característica es probada en los siguientes testeos.



Finalmente, el prototipo de estructura interna con sus intervenciones, se ensambla al resto de prototipos específicos estudiados, resultando en el prototipo general, el cual es sometido a pruebas para evaluar el comportamiento de cada una de las características estudiadas por separado.



### *Testeo Prototipos Estructura Interna/Sujeción de tubos elásticos*

#### Testeo Prototipo 2

En un punto de la fabricación de este prototipo, se evidenció que su forma general y las perforaciones no se comunican bien, debiendo existir otra perforación en la mitad del prototipo, lo que impide un agarre natural y cómodo, pues, las perforaciones no son suficientes para sujetar correcta y armónicamente a los tubos elásticos.

El prototipo 2 funciona hasta cierto punto con 2 perforaciones, pero al querer pasar a tensiones más elevadas con los tubos elásticos, este no se comporta debidamente, siendo necesaria una tercera perforación que desestabilizaría la resistencia de la estructura y, sobre todo, la comodidad del agarre del prototipo. Es por esto que el desarrollo del prototipo 2 se **cancela** en este punto.



#### Testeo Prototipo 3

El testeo consistió en realizar 10 ejecuciones de la técnica del tiro con arco con el prototipo general a una tensión de 50 libras que contiene el prototipo 3 de Estructura interna, con el fin de evaluar su resistencia y comportamiento esperando que no tenga fallas en su estructura, y también evaluar mediante el uso la efectividad del sistema de sujeción de tubos elásticos.



*Resultados/Conclusiones Estructura sólida/sujeción de tubos elásticos*

Las 10 ejecuciones fueron realizadas con éxito

El prototipo 3 de estructura sólida, según las ejecuciones realizadas con el prototipo general, cumple con:

- Ser una estructura sólida
- Construcción rápida, relativamente fácil si se cuenta con las herramientas necesarias para su fabricación.
- Forma consecuente con el dispositivo y con el usuario, teniendo un agarre cómodo, y una desviación de las fuerzas ejercidas óptima.
- Soportar la tensión mínima requerida de 50 libras (libraje máximo utilizado en arcos de categoría recurvo),
- Sujetar apropiadamente los tubos elásticos mediante el sistema desarrollado, bloqueándolos a altas tensiones.

Por otro lado, el carácter positivo de los resultados y conclusiones del prototipo 3 de Estructura sólida, abre la posibilidad de que esta pieza del pueda ser fabricada mediante un proceso semi-industrial con las herramientas necesarias y personal adecuado.

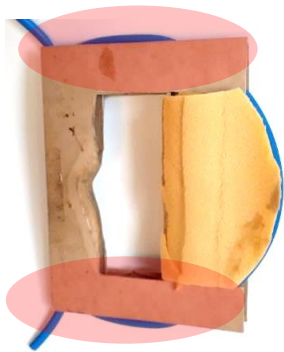
## Cuerpo-Soporte

### Objetivo

Según la primera aproximación del dispositivo, La sección llamada "Cuerpo-Soporte" es aquella que tiene como función contener al material absorbente, además de darle rigidez para soportar los impactos, sin que presente fallos estructurales.

El objetivo de este estudio, es encontrar una forma adecuada y cómoda para el usuario, que pueda ensamblarse de alguna manera a la estructura interna y a la espuma de poliuretano, cuya resistencia sea suficiente para resistir los constantes impactos del uso del dispositivo.

### Iteración 1



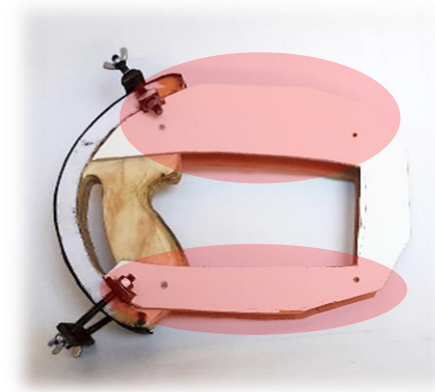
El primer cuerpo-soporte fue desarrollado en el primer prototipo. Como se ve en esta imagen, tenía 2 brazos por lado que cumplían medianamente con el objetivo de sostener el material absorbente, pero presentó problemas estructurales que dañaron la espuma, por lo que se decidió crear otro cuerpo conforme el proceso de prototipado general avanzaba.

### Iteración 2

#### Contexto

En esta etapa del prototipado, se trabaja en un prototipo general ya avanzado, donde la espuma de poliuretano es más robusta y se conecta introduciendo al cuerpo-soporte en su volumen.

## Prototipo 2



El prototipo general ya se encuentra en una de sus fases finales. Para la inclusión del Cuerpo-Soporte, se diseña una forma plana lateral en mdf enchapado, más conocido en el rubro como **Durolac**. Esta nueva iteración cuenta **con 2 brazos por cara**, siendo el superior más robusto que el inferior para dar más estructura sin descuidar la comodidad del usuario. Estos brazos están unidos en la zona donde se aloja la espuma de poliuretano, para que tenga el mayor contacto posible con el material absorbente, pues, la **forma semicircular** que se le dio al durolac, permiten un ensamblaje limpio y resistente en los cortes realizados de la espuma de poliuretano. Los extremos de cada brazo se instalan en la estructura interna por medio de **un tornillo**. Al igual que en el prototipo anterior, son 2 piezas laterales por lo que son **4 brazos en total**. La decisión de dejar espacio en el centro de la estructura del cuerpo-soporte cumple con permitir alojar al brazo de arco del usuario.

### Testeo

El testeo del prototipo general consistió en 10 ejecuciones que evaluaron el comportamiento de todas las variables estudiadas. En el caso del Cuerpo-Soporte, se evaluaron la eficacia de la forma en cuanto a la estructura, y la eficacia ergonómica de esta variable.

### Resultados

El comportamiento de esta nueva pieza para el Cuerpo-Soporte fue el esperado, pues, la forma a la que se llegó permite un agarre cómodo y guiado al usar el prototipo general.

El uso de tornillos como elementos de sujeción de esta pieza a la estructura interna, es totalmente eficaz, ya que otorgan firmeza a la estructura del dispositivo en general.

Su forma semicircular y su integración dentro de los cortes realizados en la espuma de poliuretano se comportaron idealmente.

### *Conclusiones Cuerpo-Soporte*

Se concluye con este prototipo que:

- El cuerpo del dispositivo se conforma de 2 caras contrapuestas con una forma particular de 2 brazos unidos por una zona semicircular que se inserta en la espuma de poliuretano.
- El mdf de 3 mm cumple con resistir los impactos, y funciona como estructura del cuerpo-soporte del dispositivo.
- La fijación del cuerpo a la estructura sólida se realiza por medio de tornillos

## Contacto mano-arco “grip”

### *Objetivo*

El objetivo de esta etapa de prototipado, es encontrar la forma de que el dispositivo tenga un agarre universal y cómodo, incluido en la pieza de estructura sólida.

### *Contexto*

El agarre mano de arco, más conocido como “grip” en el mundo del tiro con arco, es la pieza del arco que está en contacto con la mano de arco. Existen variaciones en su diseño, estas variables pueden ser el tamaño para distintas manos, el ángulo del agarre dependiendo de la comodidad del usuario, en su mayoría los hay para diestros, pero también para zurdos.

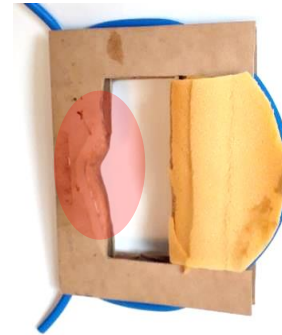
Los objetivos de esta etapa del prototipado son;

- El grip debe cumplir con el objetivo de entregar un agarre cómodo para el usuario.
- Se busca que el grip sea una pieza integrada en el dispositivo, por lo que debe ser un diseño universal capaz de contener tamaños de manos variados y ser simétrico para que personas diestras y zurdas puedan utilizarlo.

## *Iteración 1*

### Prototipo 1

El primer acercamiento de grip universal integrado fue realizado en el primer prototipo, siendo fabricado manualmente quitando madera con una escofina, redondeando los bordes y entregando espacio para la mano del usuario.



### Testeo 1

El primer testeo consistió en 40 ejecuciones de la técnica del tiro con arco, las cuales se pudieron completar.

### Resultados testeo 1

Si bien las ejecuciones fueron completadas con éxito, la forma y el tamaño del grip no fueron suficientes para entregar una comodidad para los estándares del tiro con arco. Por lo que en el siguiente prototipo se intenta resolver este problema

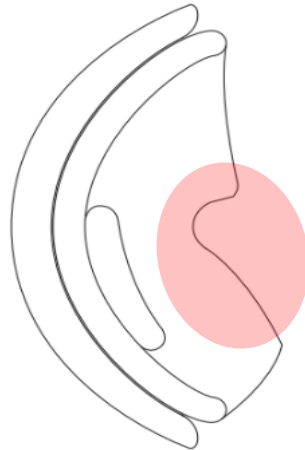
## Iteración 2

### Prototipo 2

En el desarrollo de la estructura sólida, una de las propuestas integraba al grip de una manera cómoda y diferente a las demás, la que fue aplicada con los estándares del tiro con arco (tamaño y ángulo estándar).

Al construir este prototipo, la zona del grip fue redondeada con una fresadora manual, logrando una curvatura en los bordes que entrega la comodidad para el tiro con arco.

Además, el material que compone al grip, también es parte de la estructura del dispositivo, lo que ayudaría a la resistencia a la flexión.



### Testeo 2

El testeo del grip consistió en realizar 10 ejecuciones de la técnica del tiro con arco, utilizando esta zona como el agarre del dispositivo.

### Resultados testeo 2

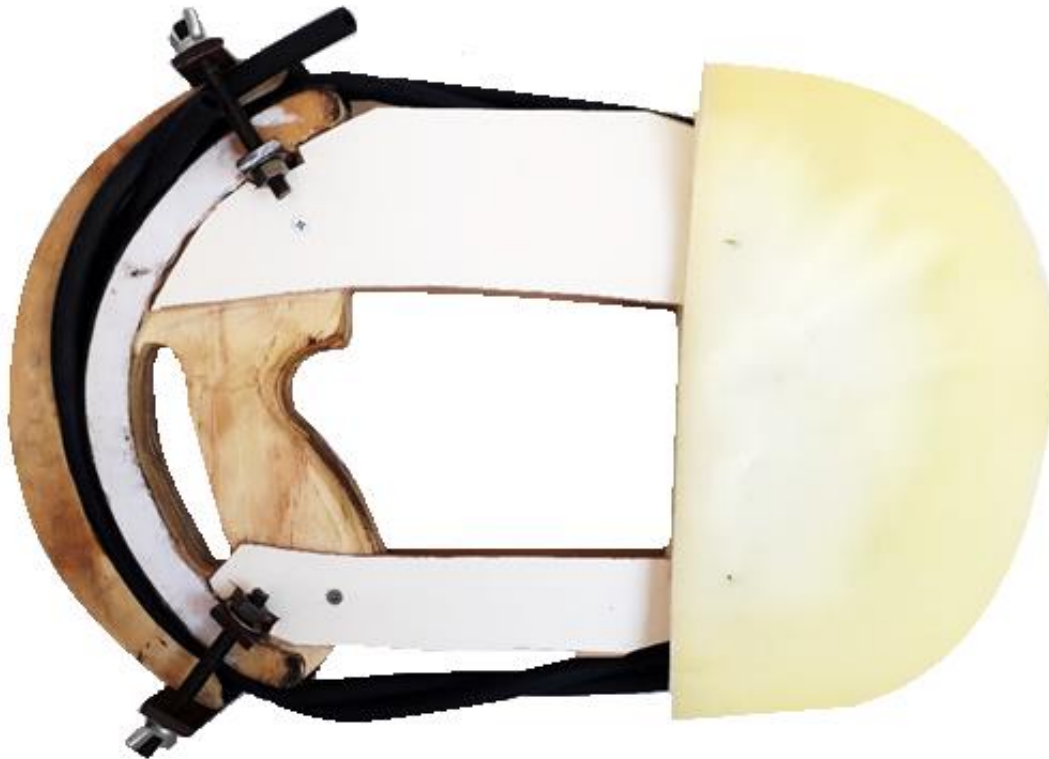
El comportamiento de este grip fue el esperado durante las 10 ejecuciones, cumpliendo su función acorde a los estándares del tiro con arco.

## Conclusiones de Agarre mano de arco

Esta parte del estudio fue un éxito: Desarrollar el grip integrado resultó ser una solución posible y funcional, además de cumplir con una comodidad mínima para practicar tiro con arco.



- Grip integrado a la estructura interna
- Grip de agarre universal



## Prototipo General

El prototipo general es la consecuencia de unificar los elementos estudiados a través de la metodología de prototipado físico íntegra, es decir, al Unir lo estudiado en Absorción de impacto, Tensión-Libraje, Estructura interna, Cuerpo y Agarre de mano.

El prototipo resultante cumple las funciones del dispositivo de entrenamiento de musculatura específica para tiro con arco, y está sujeto a las últimas modificaciones con la idea de llegar a una propuesta final

Este fue testeado en conjunto con los prototipos de función específica a través de la realización de ejecuciones técnicas y el resultado fue exitoso.

## Conclusiones finales del prototipado

El proceso de prototipado físico integral, a través de iteraciones sucesivas a desarrollo de las piezas, han resultado en **conclusiones que entregan soluciones reales a los requerimientos de diseño para desarrollo del dispositivo** de entrenamiento de musculatura específica para tiro con arco. A continuación se presenta un resumen de todas las áreas del estudio:

### *Absorción de impacto*

- La forma convexa es la que mejor responde a las necesidades del dispositivo.
- Una superficie acanalada es necesaria para que contenga al tubo elástico.
- Se necesita una robustez suficiente para absorber la fuerza y el ruido del impacto.
- La espuma de poliuretano se adhiere al cuerpo mediante cortes en su cuerpo, con la ayuda de perforaciones y pernos de material liviano.

### *Tensión-Libraje*

- El tubo elástico es un material apto para simular el tensado de un arco.
- Son necesarios desde 1 hasta 2 tubos elásticos negros para cumplir con rango de librajes utilizados en el tiro con arco de categoría recurvo.

### *Estructura interna*

- Se comprueba que una estructura sólida es la adecuada.
- Es posible una construcción rápida si se cuenta con las herramientas necesarias para su fabricación.

- La forma estudiada es consecuente con el dispositivo y con el usuario, teniendo un agarre cómodo, y una desviación de las fuerzas ejercidas óptima.
- La forma y materialidad soporta la tensión mínima requerida de 50 libras (libraje máximo utilizado en arcos de categoría recurvo).

### *Cuerpo-Soporte*

- El cuerpo del dispositivo se conforma de 2 caras contrapuestas con una forma particular de 2 brazos unidos por una zona semicircular que se inserta en la espuma de poliuretano.
- El MDF de 3 mm cumple con resistir los impactos, y funciona como estructura del cuerpo-soporte del dispositivo.
- La fijación del cuerpo a la estructura sólida se realizada por medio de tornillos

### *Agarre Mano de Arco*

- El grip del dispositivo puede ser fabricado integralmente en la pieza de estructura interna
- El grip del dispositivo puede ser de agarre universal, sin perder eficacia



## GÉNESIS FORMAL



Al prototipo general, con un fin estético, sin perder las características de funcionalidad, se decide modificar la forma de la espuma de poliuretano, abordando gran parte de los laterales del dispositivo, haciendo que el “Cuerpo” quede por debajo de esta, pasando a ser un “Cuerpo interno”

## **La estética**

Según la encuesta realizada durante la investigación llamada “un dispositivo para entrenar Tiro con arco” realizada en Julio de 2020, es decir, un momento crítico de la pandemia de Covid-19, son claras las tendencias y gustos del usuario en cuando a dispositivos deportivos.

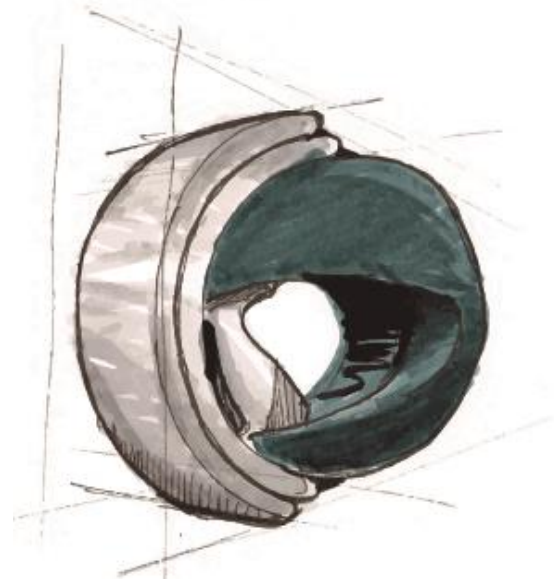
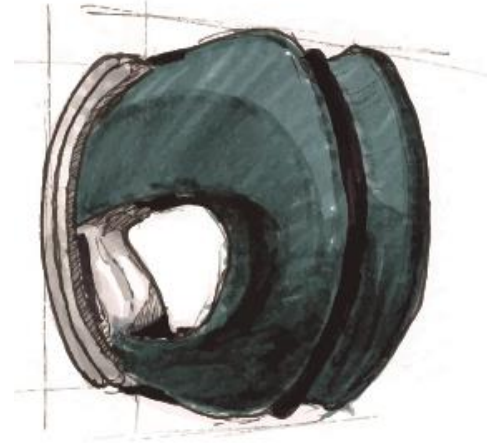
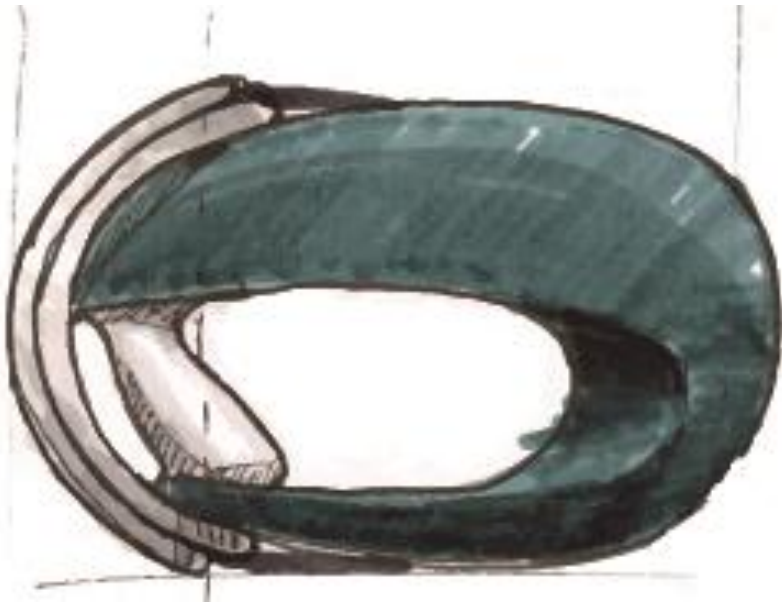
De un total de 52 encuestados, la mitad, o sea el 50% prefiere sólo líneas curvas, otro 21% prefiere líneas curvas y rectas, y el 29% restante prefiere líneas rectas.

Es decir, 71 % de los encuestados inclina su gusto por formas orgánicas y artificiales, por lo que es esta estética la que domina en el dispositivo final.

Utilizando esta lógica, se preparan bosquejos “sketch” con marcadores en base a agua y lápiz tinta.

## Sketching final

Se realizan sketches a mano del dispositivo ya en su fase final de desarrollo, incluyendo las características obtenidas por las conclusiones de la fase de Prototipado. Se puede apreciar por ejemplo, la extensión de la espuma de poliuretano a gran parte del dispositivo con fines estéticos. Por otro lado, se utilizan 2 colores para diferenciar la materialidad de los elementos.

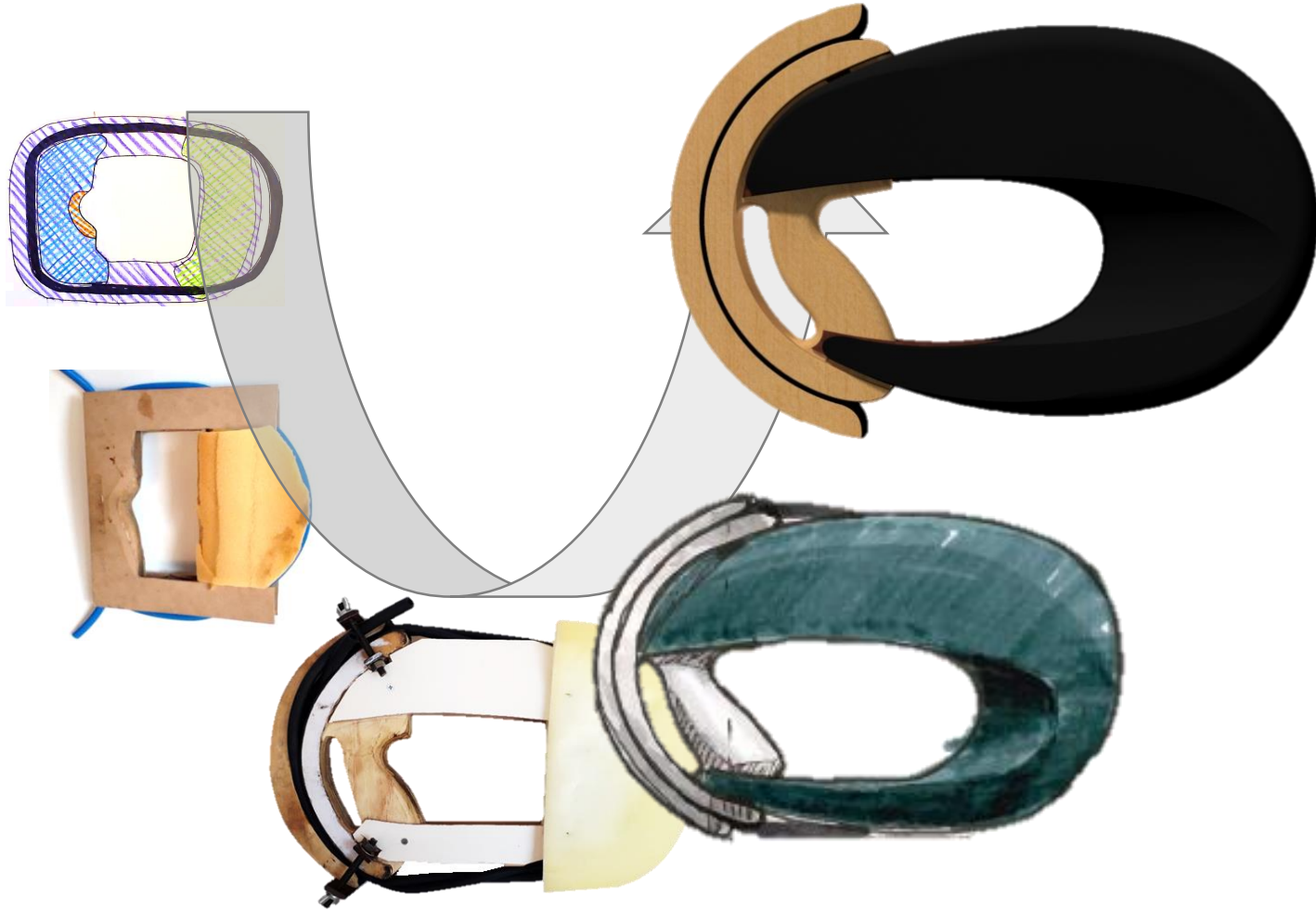


## Prototipo Digital

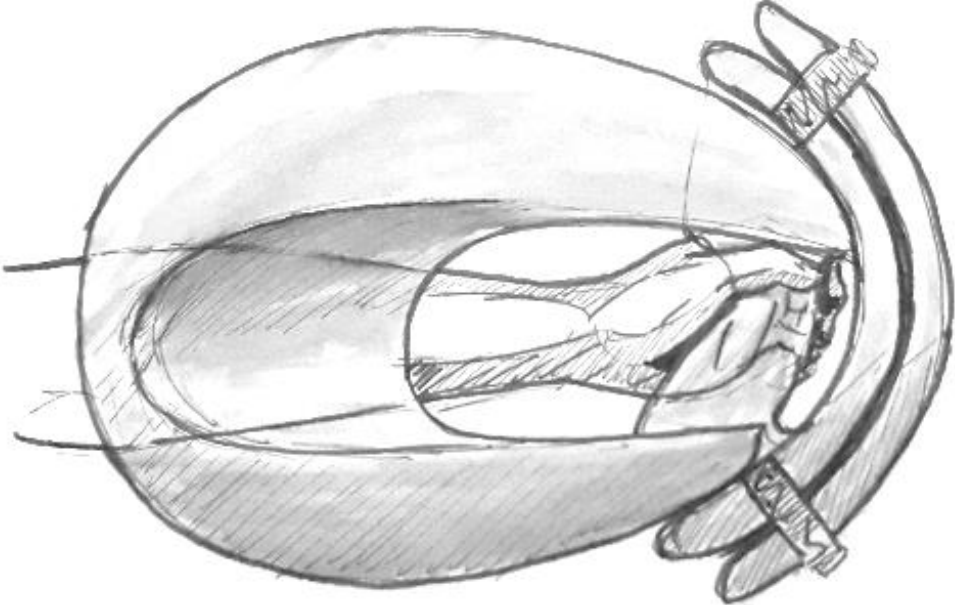
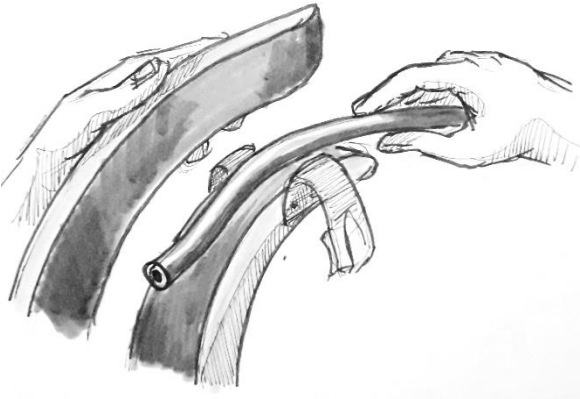
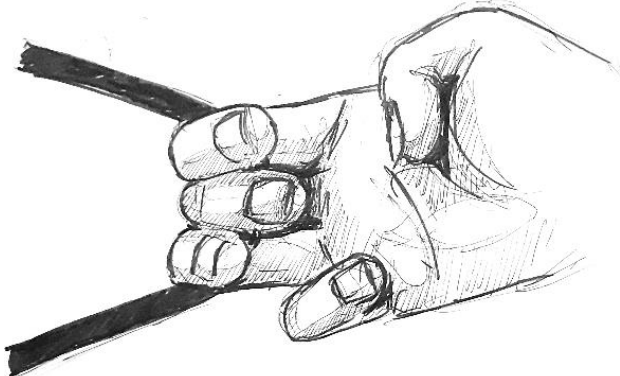
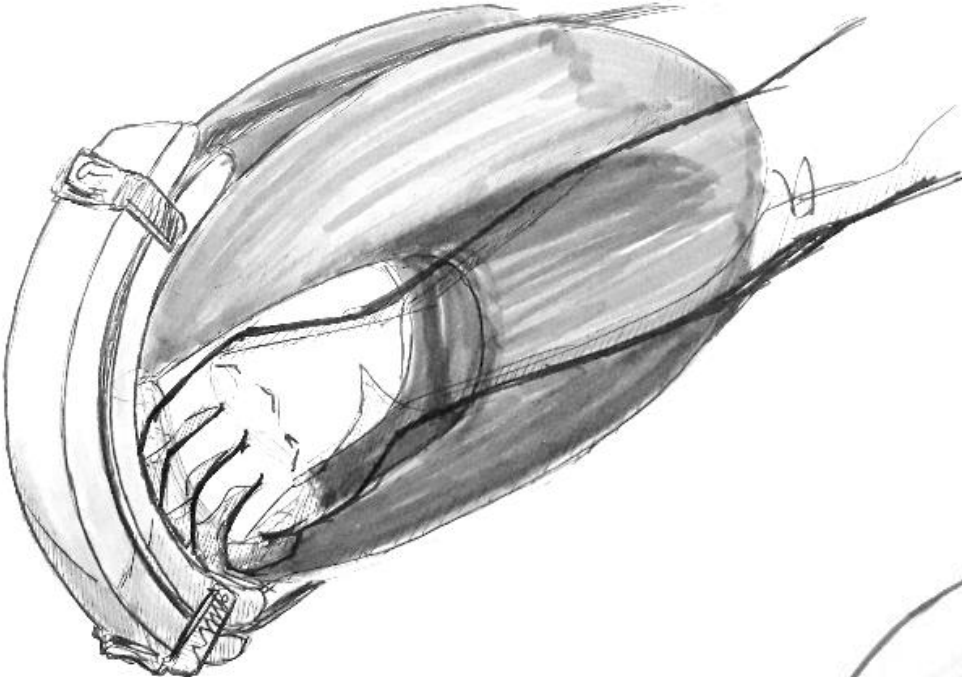
Finalmente, se prepara un prototipo digital del dispositivo en Autodesk Inventor, siendo la propuesta gráfica más cercana al dispositivo final.



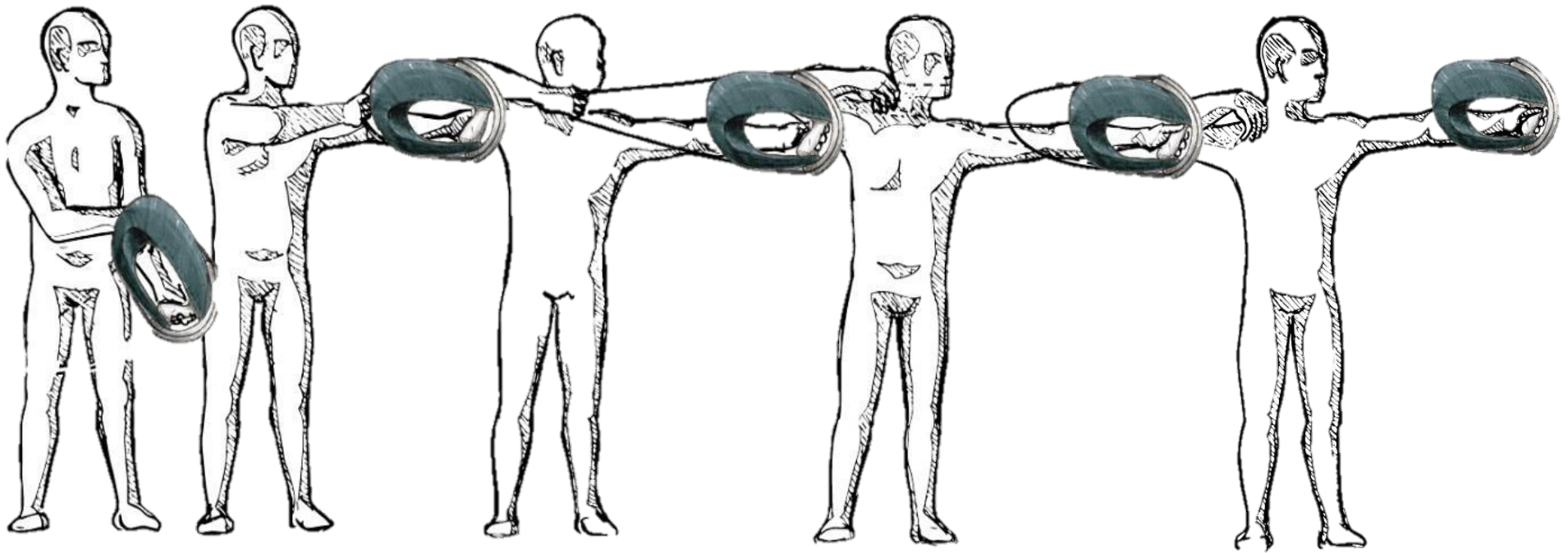
## Evolución de la génesis formal



**Usabilidad**



Secuencia de uso del dispositivo en los 5 pasos de la técnica del tiro con arco,



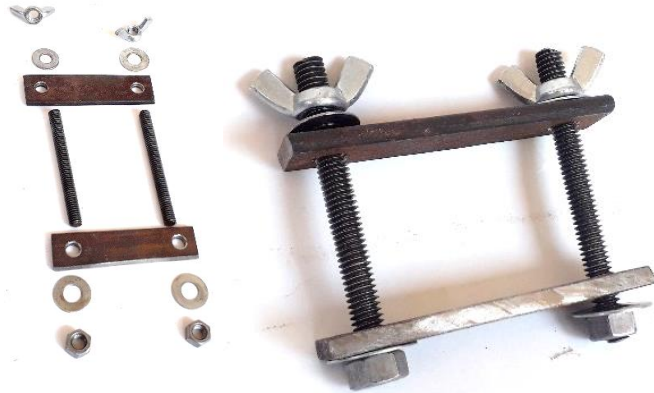


## Decisiones finales

El Dispositivo de entrenamiento de musculatura específica de tiro con arco hasta este punto del proyecto se encuentra casi finalizado. Falta tomar unas decisiones importantes con respecto a temas que se ven en esta sección.

### Fuente de presión para los tubos elásticos

La solución momentánea que se le dio al prototipo general para ejercer una presión constante a los tubos elásticos para cuando se use el dispositivo, fue la de crear un sistema por medio de barras de metal, hilo metálico (hilo espárrago 5/16), tuercas, golillas y tuercas mariposa.



Sin embargo, esta solución no se adecúa para un producto final por su tosquedad y poca armonía estética con el dispositivo. Ante este problema, se deciden utilizar broches de botas deportivas de esquiar, que ejercen suficiente presión para presionar el dispositivo y sujetar los tubos elásticos. Se ejemplifican en las siguientes imágenes.



## Materialidad

La materialidad del prototipo general para la estructura interna es de terciado estructural, un material resistente y barato que puede conseguirse en grandes ferreterías. Sin embargo, la naturalidad de esta pieza hace que pueda fabricarse en diferentes materiales igual de resistentes pero estéticamente más pulcros, como pueden ser la **madera sólida**, **polímero**, **fibra de vidrio**, etc. Cada material propuesto tiene costos variados, por lo que abre la posibilidad a desarrollar diferentes calidades para el dispositivo, con fines de segmentación en el mercado.

Ya que los intereses del autor siempre han velado por el rescate de procesos semi-industriales e industriales nacionales, así como materias primas nativas, es que se decide que la **madera de roble nacional reciclado** sea la que se trabaje por medio de vigas recicladas, para ser trabajados mediante un proceso de CNC, pues las propiedades estructurales y estéticas de esta madera son ideales para la confección un dispositivo de entrenamiento de musculatura específica de tiro con arco nacional.

## Conclusiones de la Génesis formal.

Las herramientas y metodologías utilizadas para representar el dispositivo final han cumplido su propósito. Se puede entender la forma, materialidad y usabilidad del dispositivo.

Se destaca la evolución desde la propuesta conceptual hasta el prototipo digital, cuya inclusión de las características obtenidas de las conclusiones a lo largo del proceso de diseño han dotado de funcionalidad y estética al dispositivo de entrenamiento de musculatura específica para tiro con arco.



## PROYECCIONES

**Hasta este punto se han completado exitosamente los objetivos del proyecto.** Declarado esto, las proyecciones del mismo recaen en los métodos productivos, sea una producción a corto plazo semi-industrial, o una producción a largo plazo de carácter industrial

### Proceso a corto plazo

Se propone un proceso productivo semi-industrial para la producción de 20 ejemplares del dispositivo de entrenamiento para tiro con arco. Enfocados en comercializarlo en futuros proyectos del autor en conjunto a una tienda de tiro con arco importante del país. Con la posibilidad de extenderse a los negocios nacionales del rubro. Este proceso es de rápida fabricación, cuya comercialización del producto se estima dentro de 1 mes aproximadamente.

#### Materiales

- Vigas de madera de roble nacional reciclado
- Plancha Mdf durolac 3mm
- Bloques de espuma poliuretano densidad 21 o mayor
- Caucho butílico de 1mm
- Broches de presión
- Tubos elásticos de resistencia color negro

#### Servicios asociados

- Router CNC en madera de roble
- Corte laser en plancha mdf
- Aproximadamente 10 HH de ensamble y terminaciones del dispositivo

### Proceso a largo plazo

Se propone una producción a gran escala y a corto plazo, para llegar a todas las escuelas de tiro con arco en Chile interesadas en el Dispositivo de entrenamiento de musculatura específica luego de una eventual presentación a la comunidad, que, ya se encuentra expectante a este proyecto debido a la segunda encuesta realizada a arqueros de la comunidad deportiva del país. También se espera llegar a escuelas de tiro con arco en el extranjero.

Aún no se especifican los materiales ni procesos productivos debido a que se requieren más estudios y pruebas al producto semi-industrial.

## CONCLUSIONES

Este proyecto finalizó con una propuesta de diseño, que, en su definición de dispositivo de entrenamiento para tiro con arco, contribuye al entrenamiento de la musculatura específica de este deporte. El dispositivo desarrollado, permite practicar repetidamente la ejecución de la técnica del tiro con arco, entendiendo estas ejecuciones como manifestaciones motrices. El Doctor Navarro declara en su investigación: “La cantidad de práctica es un factor decisivo en el aprendizaje de tareas motrices que exigen una alta coordinación neuromuscular”.

Se realizó exitosamente la investigación teórico-práctica que generó las variables de estudio para el desarrollo del proyecto, Fue revisada la literatura del tiro con arco, permitiendo conocer el origen e historia de la actividad, usabilidad del arco, los factores anatómicos y factores biomecánicos del usuario, que sirvieron como base para canalizar el proyecto a soluciones consecuentes con la disciplina.

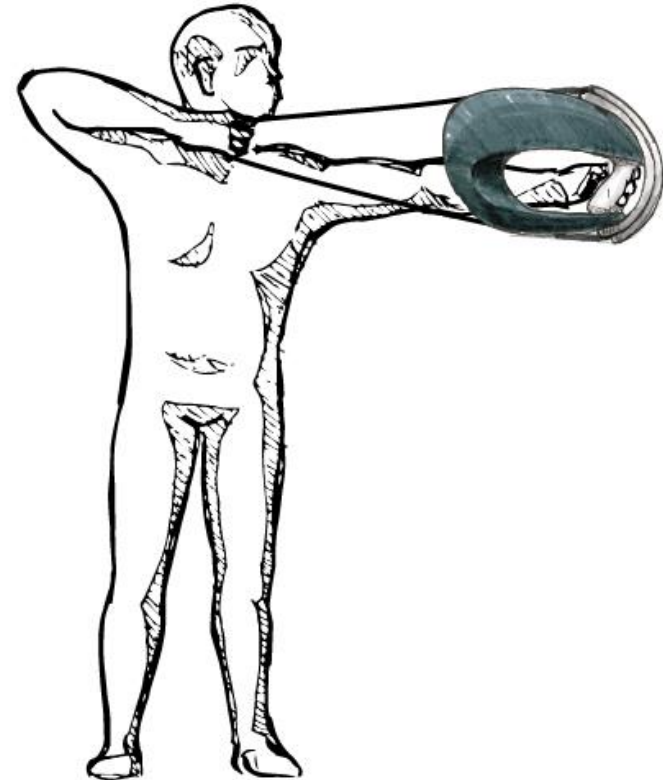
Por otro lado, se realizaron 2 encuestas exclusivamente a personas que suelen practicar tiro con arco. La primera encuesta realizada en noviembre de 2019, en el torneo nacional a 64 arqueros y arqueras de Santiago, resultó en información consistente para identificar al usuario del dispositivo desarrollado. La segunda encuesta fue realizada en julio de 2020, en contexto de confinamientos por pandemia Covid-19, ésta fue realizada a un total de 52 arqueros y arqueras vía online, los resultados favorecieron al proyecto, ya que la gran mayoría se vio afectada negativamente en el entrenamiento habitual que llevaban antes de la pandemia. A demás, se realizó una entrevista al experto en tiro con arco Andrés González,

resultando en conclusiones que favorecieron al desarrollo del dispositivo en las variables de usabilidad.

Se realizó un proceso de prototipado físico integral, con iteraciones sucesivas que estudiaron las variables del dispositivo las cuales fueron: Estructura sólida, Tensión-Libraje, Absorción de impacto, Cuerpo Soporte y Contacto Mano-Arco. El proceso contó con un total de 15 iteraciones repartidas entre las variables de estudio, siendo una de ellas, un prototipo de carácter físico enfocado. Las iteraciones permitieron solucionar las variables, atendiendo cada problema independientemente, pero trabajando las variables de manera simultánea. Este proceso permitió dar soluciones reales a los requerimientos de la propuesta de Diseño, resultando en un prototipo general funcional utilizado en tests que contribuyeron a la validación de la propuesta.

Al revisar los requerimientos:

- La propuesta permite la ejercitación de la musculatura específica involucrada en el tiro con arco al utilizarlo apropiadamente.
- La propuesta está diseñado según la biomecánica involucrada en la práctica del tiro con arco.
- La propuesta imita la zona de contacto y manipulación de un arco real con agarre universal para el brazo de arco, Por otro lado, el contacto con el tubo elástico no corresponde fielmente a la sensación de agarrar la cuerda, sin embargo, el uso de un arco real con el implemento de dactilera para la mano de cuerda, se asemeja al grosor de tensar uno o dos tubos elásticos.
- La propuesta permite los 5 pasos de la técnica del tiro con arco, siendo posible evaluarla por medio de la DFL o línea de esfuerzo de apertura.
- La propuesta, hasta este punto de desarrollo, no simula el peso de un arco promedio, sin embargo se proyecta que, en procesos posteriores de producción se solucione esta variable.
- El proceso productivo semi-industrial propuesto indica el uso de materiales y servicios que a grandes rasgos, permiten que el dispositivo sea adquirible por un precio menor al de arcos de baja gama.
- La propuesta de dispositivo es intuible de usar, los gestos son casi idénticos al del tiro con arco. Sin embargo debe ser configurado por el entrenador, o bien, el usuario debe estar capacitado para configurarlo apropiadamente. Transportar este dispositivo es fácil ya que tiene un tamaño que permite guardarlo en bolsos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- A Kylasov, S. G. (2011). Diversity of sport: non-destructive evaluation. *Encyclopedia of life support systems*.
- Alrune, F. (1992). *A mesolithic Elm bow approximately 9000 years old*.
- Archery Australia inc. (2007). *Shooting technique biomechanics*.
- Axford, R. (1995). *Anatomía y Tiro con arco*. Souvenir.
- Gill, V. (26 de Agosto de 2010). *BBC News*. Obtenido de <https://www.bbc.com/news/science-environment-11086110>
- Gonzalez, A. (s.f.). *Arco para escuelas de tiro con arco en Chile*.
- Hamilton, T. M. (1982). *Native American Bows*. York, Pa.: G. Shumway.
- Infobae. (21 de febrero de 2018). *infobae.com*. Obtenido de <https://www.infobae.com/salud/fitness/2018/02/21/existe-la-memoria-muscular-la-respuesta-de-la-ciencia/>
- J.D.W.M. (1863). *Diccionario Militar*. Madrid: Juis Palacios.
- Larven, J. (2014). Archery Australia national coaching program. *Archery Australia national coaching program*. Archery Australia High Performance Committee.
- Loades, M. (2013). *The Longbow*. Oxford: Osprey Publishing.
- M. E. Navarro, J. G. (2001). Principales modelos explicativos del aprendizaje motor: Mecanismos y factores. *Jornadas canarias de traumatología y cirugía ortopédica*.
- Mingyue, L. (2017). Six arts as ancient curriculum of China Vol.5. *Science Publishing Group*, pp. 398-402.
- Pérez, R. (2015). *Memoria Motriz*.
- Prieto, M. (mayo de 2011). Actividad física y salud. *Actividad física y Slud*.
- Randall, K. (2016). Origins and Comparative Performance of the composite bow. *Thesis*. University of South Africa.
- Rolls, P. (s.f.). *The Society of Archers and The Antient Silver Arrow*. Obtenido de <http://www.scortonarrow.com/>
- Sherry. (1 de noviembre de 2009). *China Archery*. Obtenido de <http://www.chinaarchery.org/archives/94>
- The University of Liverpool Repository*. (19 de diciembre de 2018). Obtenido de <https://livrepository.liverpool.ac.uk/3028153/>
- Vasquez, A. (s.f.). *World Archery*. Obtenido de <https://worldarchery.org/news/147916/8-health-benefits-archery>
- Waldabun, J. (1983). *Metalworks from Saardis*.
- World archery. (s.f.). *World archery*. Obtenido de <https://worldarchery.org/Archery>
- world history. (15 de septiembre de 2018). *World history*. Obtenido de <https://worldhistory.us/ancient-history/ancient-egypt/ancient-egyptian-archery.php>
- Wright, A. (2007). *War and warfare*. Routledge.

## ANEXOS

# ANEXO A

## Civilizaciones y el tiro con arco

Este capítulo, tiene como enfoque presentar los avances tecnológicos y socio-culturales de esta disciplina que fueron aportados por diversas civilizaciones a lo largo de la historia, pues, el conjunto de estos avances son el desarrollo del tiro con arco que, como consecuencia, dan paso a la arquería, los arcos y flechas, y al deporte que se conoce y practica hoy en día.



Fotografía19 Arco  
Compuesto  
Egipto



Fotografía20 Pintura egipcia Antigua

## Egipcios y el perfeccionamiento de los primeros arcos

La primera civilización de la cual se tiene antecedentes históricos por usar arcos y flechas fue la egipcia, antes del “Reino antiguo”, es decir, alrededor del año 3000 AC, con propósitos bélicos y de cacería principalmente. Es decir, no existen antecedentes históricos de alguna civilización previa a la egipcia que haya utilizado el tiro con arco, entendiéndose que el arco y flecha ya existía hace aproximada (The University of Liverpool Repository, 2018) mente 9000 años siendo utilizado por tribus y grupos humanos menores a una civilización como tal.

Los primeros arcos que desarrolló esta civilización fueron arcos compuestos, es decir con más de un material en su cuerpo, “estos estaban hechos con 2 cuernos curvados de animal, en este caso de antílope, con una sección de madera en el centro” (world history, 2018).

“Se descubrió que la combinación de diferentes materiales podría usarse en la construcción de arcos, y esas combinaciones resultan en un aumento del rendimiento” (Randall, 2016). Esta idea del arco compuesto tuvo un gran impacto en términos de materialidad y configuración constructiva, ya que es un referente directo en la tecnología de arcos contemporáneos. Esta tecnología también fue desarrollada más adelante en la historia por los romanos y mongoles.

## Chinos y la espiritualidad

China es uno de los países donde más se practicaba arquería en la antigüedad (siglo II ac). Fueron muchos los estilos y las escuelas de tiro con arco que existieron en esta civilización reflejados en los ejércitos, espectáculo y espiritualidad, esta masificación e importancia en la cultura china se debió a que la arquería se consideraba como una de las llamadas “6 artes del caballero”, las cuales eran: Ritualidad (Li), Música (Yue), Tiro con Arco (She), Conducción de carros de guerra y equitación (Yu), Escritura (Shu) y Matemáticas (Shu). (Mingyue, 2017)

Esta civilización desarrolla la arquería como una actividad enriquecedora para el practicante, es decir, no es sólo un método bélico o de cacería, sino una práctica espiritual, mental y de entretenimiento, comparable a actividades actuales como practicar yoga, ir al gimnasio, practicar un deporte, etc. Lo que indica que la práctica de esta disciplina traía beneficios para el bienestar del individuo, junto con carisma y reconocimiento social.

Con la llegada del arma de fuego prácticamente se extinguió gran parte del legado arquero chino. Sin embargo, a comienzos del siglo XXI, pequeños grupos están recreando la artesanía y espiritualidad de este arte perdido. (Sherry, 2009).

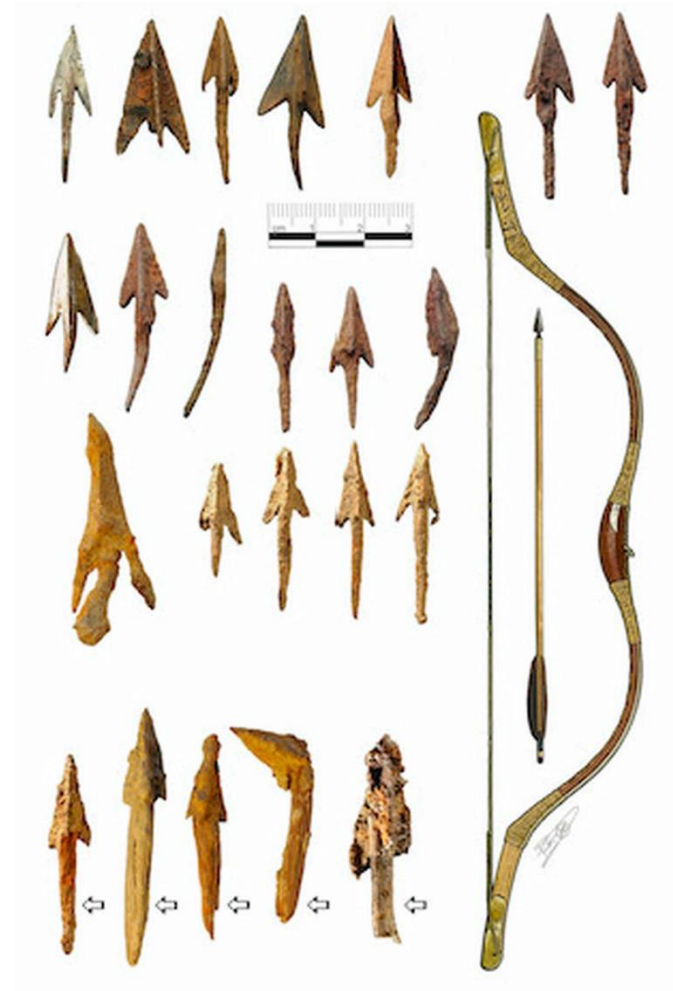


21 Fotografía de un arquero chino con su arco

### Romanos y las flechas multipropósito

Entendemos a los romanos como una de las más grandes civilizaciones que ha existido en la Tierra. Su imperio se extendió por gran parte de Europa, Asia, e incluso África. Utilizaron el arco compuesto como un arma efectiva contra los ejércitos que invadieron. (Wright, 2007)

Si bien el arco y flecha no fueron un arma típica para los romanos, éstos desarrollaron puntas de flechas de acero especiales para cada actividad, por ejemplo, para cazar distintos tipos de animales, para la guerra, para espectáculos, etc. (Waldabun, 1983)



Fotografía22 Flechas Romanas antiguas





**Fotografía23 Arquero (Kyudoka) con su gran arco (yumi) practicando Kyudo**

### **Japoneses y el gran arco asimétrico**

La cultura japonesa no ha pasado desapercibida en muchos aspectos. El tiro con arco japonés, llamado “Kyudo” es un arte marcial, enfocado a lo espiritual y, en muchos casos, evitando lo deportivo. El arco japonés es llamado yumi, siendo un arco muy diferente a los que solemos ver alrededor del mundo; es asimétrico, teniendo el brazo superior mucho más largo que el inferior, y su tamaño total, suele superar al arquero o arquera. El yumi tradicional está fabricado con bambú, maderas y pieles de animal. La existencia del yumi evidencia la versatilidad del principio del tiro con arco: 2 brazos unidos por una cuerda en tensión.

### **Hunos y Mongoles: el tiro con arco a caballo**

Si bien ambas culturas existieron en tiempos diferentes, su cultura en torno al tiro con arco son bastantes parecidas. Ambos utilizaban arcos compuestos, como los egipcios, pero fabricados con otros materiales, además, sus arcos eran pequeños en comparación a los de otras culturas, con el objetivo de que sean maniobrables, ya que la característica más importante de los arqueros hunos era que disparaban montados a caballo.

El historiador Peter Heather relata que gracias al tiro con arco a caballo, el pueblo huno se hizo tan poderoso como para arrasarse al Imperio Romano, esto a la cabeza del personaje histórico: Atila, el rey de los Hunos, que según historiadores, consiguió unificar las tribus llegando a ser uno de los pueblos con territorio más extensos de la historia de la humanidad, hasta su muerte, donde los hunos se disolvieron.



**24 Fotografía de un arquero Huno a caballo**

## Ingléses y el nacimiento del deporte

El arco largo inglés, es célebre por su reiterada aparición en la literatura y también en producciones audiovisuales, es este arco el que representa la Europa medieval y debido a este contexto histórico, fue el arco utilizado por el afamado personaje Robin Hood. El arco largo inglés, o longbow en su idioma original, se consolida en el siglo XXIII según el acuerdo de varios historiadores.

Mike Loades explica en su libro "The Longbow" que la aparición del arco inglés fue un símbolo social. La barata confección y producción de esta arma generó la fuerte idea de que cualquier persona que portara un arco y lo supiera utilizar, estaría en igualdad de condiciones desde un punto de vista ofensivo ante las clases más adineradas e influyentes. Por lo que el arco inglés tuvo un rol social importante en esos tiempos donde los índices de pobreza extrema eran muy elevados.

La característica más importante del arco largo para esta investigación es su rol de precursor en la arquería deportiva; En el año 1673 se realiza por primera vez el evento "Scorton Silver Arrow" el cual es la primera competencia de tiro con arco del que se tiene registro histórico y aún sigue vigente en la actualidad. (Rolls, s.f.) En esta competencia se utilizaron longbows.



8 Pequeño extracto del pergamino original del primer evento deportivo en 1673



Fotografía25  
Longbow Inglés

## ANEXO B

### Torneo Indoor



Este tipo de torneo es realizado bajo techo, a una distancia de 18 metros del blanco, suele utilizar dianas pequeñas con puntajes que contabilizan desde 6 a 10 puntos.

### Torneo 3d

El torneo 3d se caracteriza por los objetivos a los que los arqueros deben acertar. No son dianas, sino que representaciones de animales fabricadas en espuma de alta densidad. El terreno de este torneo suele ser desnivelado y al aire libre.



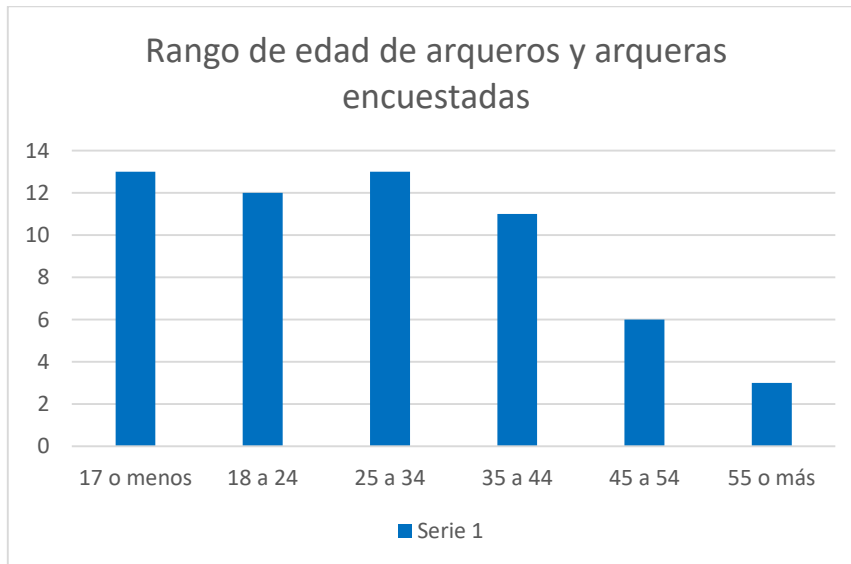
### Torneo Juegos de Campo

Los juegos de campo, son torneos que se realizan al aire libre, participan muchas categorías del tiro con arco, incluido recurvo raso, recurvo olímpico, arco de poleas, arco tradicional, etc. La dinámica de esta competencia, es realizar disparos en un terreno plano o desnivelado, con varias estaciones de tiro, desde los 5 hasta 70 metros, dependiendo del torneo, donde cada categoría dispara desde una distancia asignada. Las dianas de esta modalidad tienen variaciones de tamaño entre estaciones, haciendo que sea un desafío de versatilidad.



## ANEXO C

### Edad

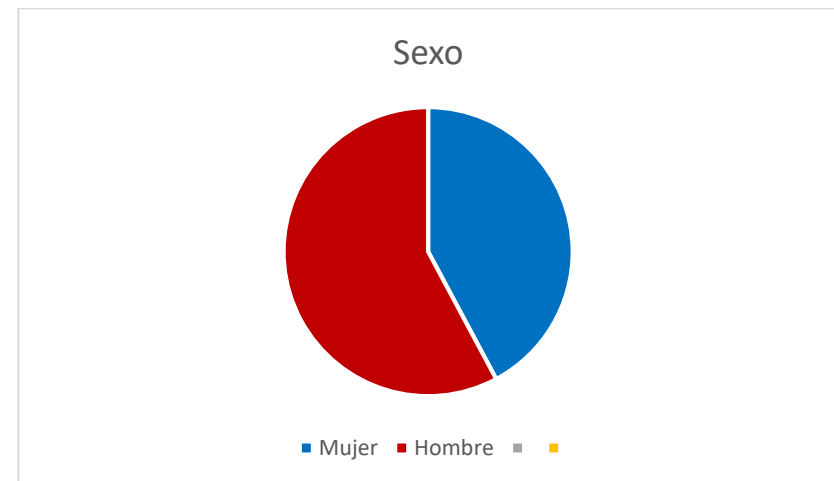


Este gráfico da a entender la homogeneidad etaria de los practicantes, lo que implica que este deporte puede considerarse como **longevo**, habiendo participantes activos desde menores de edad, hasta más de 55 años.

Esta característica indica que el arquero, es decir, quien practica este deporte de manera recreativa o competitiva, puede ser menor de edad, adulto joven, adulto, e incluso adulto mayor.

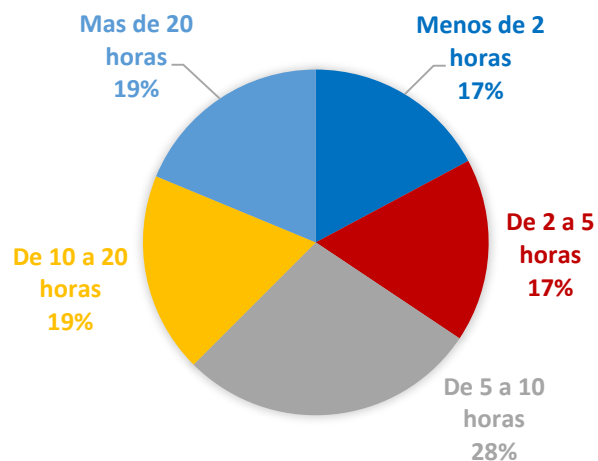
### Sexo

Los datos recogidos por la encuesta indican que, de un total de 64 personas, 27 corresponden a personas de sexo femenino, mientras que 37 personas corresponden a personas de sexo masculino. (MOSTRAR GRAFICO CON SIMBOLOS)



Si bien en esta competencia participaron más hombres que mujeres, no es una diferencia importante ni significativa. Estos datos indican que **no existe género o sexo predominante en la práctica de este deporte**. Cualquier persona puede practicar tiro con arco.

## PROMEDIO DE HORAS DE ENTRENAMIENTO EN UNA SEMANA



### Horas dedicadas

Como cualquier actividad, el tiro con arco supone un costo de tiempo para practicarlo, y depende de los intereses propios del practicante cuánto tiempo le dedique a este deporte. La encuesta arrojó los datos del gráfico a la izquierda respecto a cuántas horas a la semana son dedicadas a esta actividad.

Observando estos datos, se puede apreciar la dispersión de los resultados. **No existe una tendencia clara a una cantidad de horas de entrenamiento** habitual en la comunidad de tiro con arco chilena, y son muchos los factores que posiblemente inciden en esta dispersión de resultados, tales como la motivación propia del practicante, y también deber cumplir con obligaciones laborales, familiares, académicas, y de otras índoles.

Un arquero puede entrenar las horas que pueda y que quiera, dependiendo de sus intereses en este deporte. El tiempo de entrenamiento puede ser desde menos de dos horas a la semana, hasta incluso más de 20 horas a la semana.

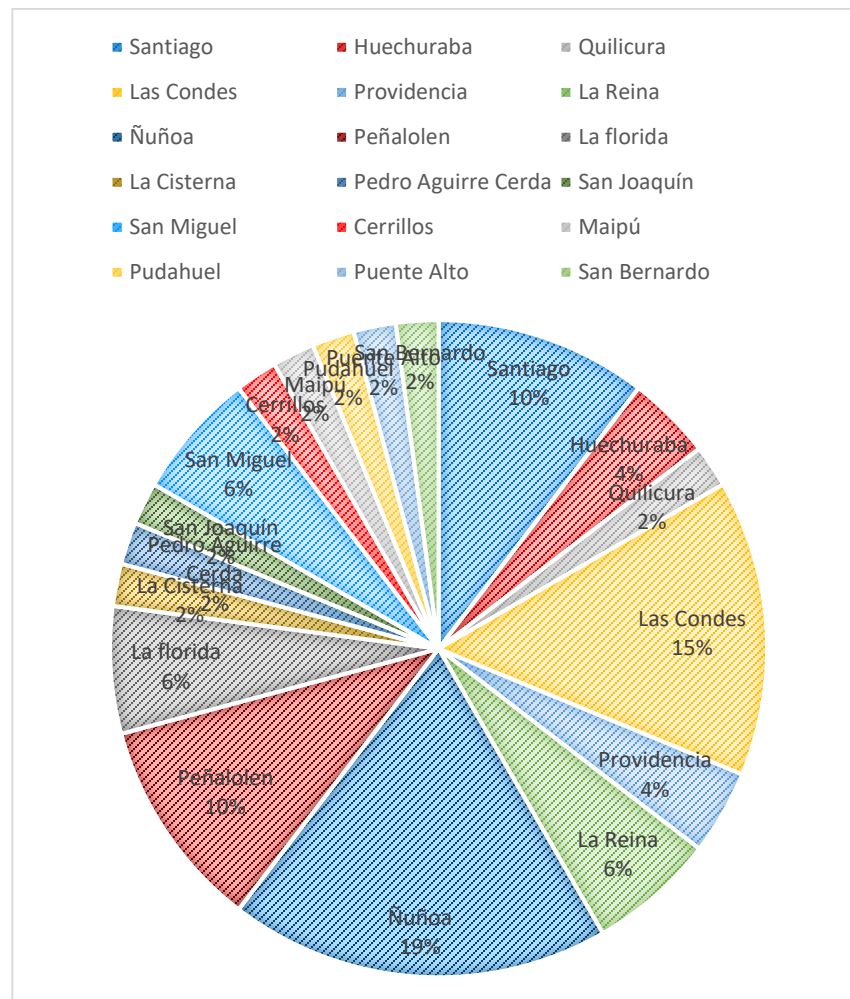
### Comuna de residencia

A los 64 encuestados se les pidió indicar su comuna de residencia, con el fin de visualizar la disposición geográfica de los arqueros repartidos en Santiago y entender la representatividad de cada comuna, entendiendo que existen diferencias económicas en estas.

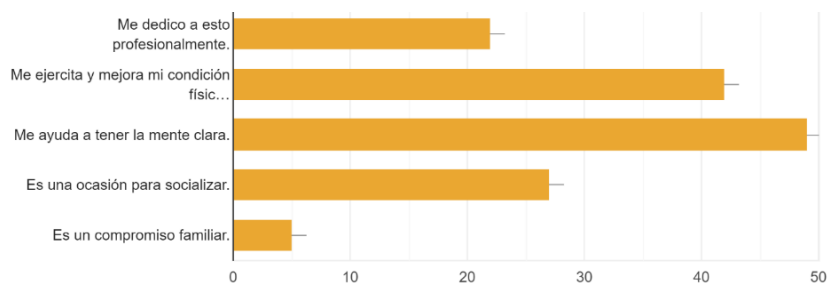
Existe una clara tendencia de la participación de personas con residencia en las comunas de Ñuñoa y Las Condes, seguidas por Peñalolen y Santiago Centro, sin embargo, existe representatividad de diversas comunas de Santiago, como La Florida, San Miguel, Cerrillos, San Bernardo, La cisterna, Maipú, entre muchas otras.

El tiro con arco es una actividad cuyo equipamiento es de un precio relativamente alto, por lo que una persona con recursos económicos escasos no se puede permitir practicar este deporte a corto plazo. Sin embargo, en el mercado existen equipamientos de tiro con arco económicos que pueden ser adquiridos con una correcta administración de los recursos además de la motivación de la persona por querer practicar el deporte.

Si bien, existe una clara tendencia en la participación de personas que viven en comunas con una situación económica evidentemente mejor que otras, **casi todas las comunas tienen representatividad**, lo que indica que un arquero puede tener cualquier origen socioeconómico y geográfico.







La opción: *“Me dedico a esto profesionalmente”* fue escogida por 22 de los 64 encuestados.

La opción: *“Me ejercita y mejora mi condición física”* fue escogida por 42 de los 64 encuestados.

La opción: *“Me ayuda a tener la mente clara”* fue escogida por 49 de los 64 encuestados.

La opción: *“Es una ocasión para socializar”* fue escogida por 27 de los 64 encuestados.

La opción: *“Es un compromiso familiar”* fue escogida por 5 de los 64 encuestados.

### Motivación del arquero

Así como en cualquier otro deporte o actividad, la persona que practica tiro con arco tiene motivaciones y razones para seguir siendo parte de ello y disfrutarlo. Para entender cuáles son estas motivaciones, se les consultó en la encuesta con cuál o cuáles de las 5 afirmaciones de la izquierda se sintió representado.

Los resultados indican que las motivaciones principales de las y los arqueros que practican el tiro con arco son: **“tener la mente clara”** y **“mejora mi condición física”**. Esto quiere decir que el arquero principalmente busca en esta actividad un momento de liberación de estrés y de distracción, así como también, la búsqueda de una actividad que mejore la condición física.

### CONCLUSIONES DE LA PRIMERA ENCUESTA

Finalmente, como conclusión de esta encuesta realizadas a las 64 personas en el torneo, un arquero o arquera, es una persona que busca un momento de realización personal, traducido en la liberación de estrés, trabajar el estado físico y la superación personal al mejorar practicando un tiempo definido por ellos cada semana, gracias a la dinámica de este deporte que prácticamente no discrimina sexo ni edad.



## ANEXO D

### Beneficios del deportista asociados al tiro con arco

“El tiro con arco es una actividad física que beneficia áreas del desarrollo muscular y la salud mental” (Vasquez, s.f.) Esta afirmación viene a consolidar las conclusiones de la encuesta del capítulo anterior. Es un hecho que el tiro con arco tiene beneficios físicos y psicológicos para quién lo practica, pero, ¿Cuáles son exactamente los beneficios de este deporte?

Según la página web oficial de la World Archery, que es el órgano rector del tiro con arco a nivel mundial, existen 8 beneficios para la salud como consecuencia de la práctica de este deporte, y las define de la siguiente manera:

### Ejercicio

Un estudio del Diario “The Economist” durante los juegos olímpicos de Londres 2012, indica que el tiro con arco es un deporte de alto gasto calórico en comparación a otros deportes, esto por las largas distancias que el deportista debe recorrer para recuperar las flechas disparadas a las dianas. A esto se le suma el gasto calórico de usar el arco propiamente tal.

### Fuerza

Manejar un arco requiere de la fuerza de múltiples músculos del tren superior dispuestos en el pecho, manos, brazos, abdomen y espalda. La correcta y repetitiva ejecución de los tiros fortalece las zonas mencionadas.

### Control

Los arqueros y arqueras aprenden a mantener la concentración en su rutina de entrenamiento, evitando distractores como pueden ser el ruido, el viento, espacios, etc. Esta característica de control es también benéfica para el día a día.

### Coordinación

El arquero o arquera adopta inconscientemente una memoria muscular tras una rutina de entrenamiento repetitiva y eficiente, lo que hace que la coordinación de estos movimientos se vuelva casi instintiva.

### **Paciencia**

“El tiro con arco es fácil de aprender, pero difícil de perfeccionar.” Practicarlo es divertido, pero puede llegar a frustrar si no se obtienen buenos resultados, la paciencia es una cualidad muy importante, ya que la falta de esta puede suponer el dejar de practicar este deporte. La determinación de repetir constantemente la técnica, hacen al buen arquero, y, en consecuencia, una mejor persona.

### **Relajación**

Controlar la respiración, la concentración, y el nerviosismo hacen de esta actividad un momento perfecto para la meditación personal, donde el arquero es sólo él/ella y su arco.

### **Auto-confianza**

La autoconfianza es fácilmente desarrollable en el tiro con arco, ya que, incluso en competencias, el oponente más grande e importante es uno mismo. En el entrenamiento el deportista puede identificar sus problemas y trabajarlos para obtener una mejor precisión, lo que ayuda enormemente al desarrollo de su confianza.

### **Socialización**

Como todo deporte, la arquería abre las puertas a conocer nuevas personas con al menos un gusto en común: el tiro con arco. Además, los torneos de arquería suelen ser abiertos y sin limitaciones, por lo que el mejor de un país puede competir con alguien que recién está iniciando, lo que implica un enriquecimiento para la comunidad del deporte.

## ANEXO E

### ¿Cuál es la estructura de un entrenamiento?

La manera en que se aborda el entrenamiento en esta investigación es la del momento del día en que la persona practicante del tiro con arco se dedica a esta disciplina. El entrenamiento se divide en 3 partes principales: La apertura, el desarrollo técnico, y el cierre.

#### La apertura

La apertura es el momento previo a desarrollar cualquier técnica, el arquero se prepara física y mentalmente para el aprendizaje. La apertura se divide en 2 tareas fundamentales: el **Armado de arcos**, donde el arquero/a prepara su implementación deportiva, armando el arco y preparando toda implementación como accesorios y protecciones. Esto ayuda a que el deportista conozca su arco y su funcionamiento. Por otro lado, está el **Calentamiento**, momento en que el deportista realiza movimientos corporales específicos y repetitivos, preparando los músculos para llegar a una temperatura ideal con el fin de evitar lesiones y optimizar su uso.

#### El desarrollo técnico

En el desarrollo técnico, se trabajan todas las variables para cumplir los objetivos de la sesión. Esta etapa del entrenamiento suele dividirse en **bloques deportivos**, en cada bloque se desarrolla una variable definida, existiendo un tiempo de descanso entre cada bloque.

Lo normal es que una sesión se divida en 2 bloques con un descanso entre estos, pero una sesión puede tener 1, 3, o más bloques, esta cantidad dependerá del objetivo de la sesión, siempre y cuando el deportista tenga la capacidad de soportar la carga física y no termine lesionado; el entrenador debe velar por bienestar del deportista.

#### El cierre

Una vez cumplido el objetivo de la sesión se procede al cierre de esta con la realización de 2 tareas. Por un lado, está la **Elongación**, actividad realizada para que los músculos activos y contraídos por el esfuerzo durante la sesión lleguen a un estado pasivo, evitando lesiones posteriores. Por otro lado, está el **Guardado de arcos**, actividad donde el arquero/a desarma y guarda su arco e implementos, dando por terminada la sesión de entrenamiento.

### **¿Dónde se entrena?**

En Chile, un entrenamiento de óptimas condiciones se realiza en una cancha de tiro, como por ejemplo la cancha de FECHTA (Federación Chilena de Tiro con Arco), también existen canchas de tiro asociadas a Clubes de tiro con arco que entregan buenas condiciones para entrenar el deporte. Por otro lado, también se puede entrenar en canchas de tiro improvisadas, siempre y cuando cuenten con las medidas de seguridad pertinentes. Sin embargo, también se puede entrenar sin la necesidad de un espacio como una cancha de tiro, puesto que algunos objetivos de las sesiones pueden cumplirse trabajando variables definidas a través del mismo arco o dispositivos de entrenamiento que simulan manifestaciones motrices, es decir, simula movimientos propios del tiro con arco.

El lugar del entrenamiento es definido por el plan de entrenamiento creado por el entrenador, cuyo propósito es velar por los intereses y necesidades del deportista.

### **¿Cuándo se entrena?**

Al igual que el “dónde”, el “cuándo” del entrenamiento es definido por el plan de entrenamiento. Lo más común es un entrenamiento guiado que puede ir desde 1 día a la semana, a hasta 6 días a la semana exceptuando el domingo, siendo este último, el entrenamiento de los arqueros y arqueras de alto rendimiento, es decir, personas que optaron por tener una carrera deportiva y dependen de un buen rendimiento en competencias. La duración de la sesión de entrenamiento depende del acuerdo entre el deportista y el entrenador. Sin embargo, el entrenamiento puede ser autónomo, es decir, sin entrenador, siempre y cuando el arquero ya domine lo básico de la técnica del tiro con arco y actúe de forma responsable con el arco y/o con los dispositivos de entrenamiento, corrigiendo sus errores con el entrenador en las próximas sesiones guiadas.

## **El Rol del deportista**

Según la información recogida en la entrevista realizada al experto, el deportista tiene objetivos claros al querer practicar este deporte. Como ya se mencionó anteriormente, un arquero puede tener el objetivo de “pasarle bien”, así como otro deportista puede tener el objetivo de “ganar una medalla olímpica”, y ambos son totalmente válidos para practicar esta actividad.

En un ámbito deportivo, el deportista tiene un rol protagónico de una historia, en la cual existen otros roles que complementan y ayudan a este protagonista, como puede ser el entrenador, colegas, otros deportistas, etc. Sus decisiones y objetivos afectan directamente al desarrollo de esta historia.

Es importante entender que este rol se ve asociado significativamente con el rol del entrenador, el cual entrega las herramientas al deportista con el fin de que logre sus objetivos.

## **El Rol del entrenador**

Como ya se menciona anteriormente, el rol del entrenador es entregar los alineamientos necesarios para que el deportista cumpla sus objetivos. El nivel de involucramiento del entrenador es consecuente al objetivo del deportista, por ejemplo, si un deportista cuyo objetivo es desestresarse, el rol del entrenador será trabajar entregando las herramientas necesarias para que la sesión de tiro con arco sea satisfactoria para el arquero y este pueda liberar tensión y estrés acumulado. Por otro lado, si un deportista cuyo objetivo es ganar una medalla en un torneo, el entrenador se involucrará más con este deportista, creando un plan de entrenamiento que se debe seguir al pie de la letra, alentando al deportista siempre y cuando no vulnere sus intereses.

El entrenador permite al deportista cumplir sus objetivos, pero ¿de qué manera?, ¿Qué significa que un deportista entrene? El siguiente capítulo responde a esas interrogantes que surgen tras incluir el rol del entrenador al desarrollo de este deporte.

